

**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**GRADO EN CIENCIAS DEL MAR**  
**TRABAJO FIN DE GRADO**  
**CURSO ACADÉMICO [2016-2017]**

TÍTULO:

**"Rapid Coastal Environmental Assessment": Litoral del Municipio de Santa Pola**

AUTOR:

**Marina Martínez Soler**

SUPERVISOR:

**Alfonso Ángel Ramos Esplá**

El litoral marino representa la zona de interacción entre tierra y mar, espacio que ha sido durante los últimos años zona de conflicto entre los diferentes usos humanos (p.e. industrial vs. turístico, turístico vs. conservacionista). La mala gestión y la excesiva acción del ser humano han provocado el deterioro de gran parte de nuestra costa. No obstante, aún quedan fragmentos que conservan su equilibrio natural. En el presente trabajo se realiza un “Rapid Coastal Environmental Assessment” (RCEA) - método directo, no destructivo y semicuantitativo - sobre el litoral del Cabo de Santa Pola; con el fin de conocer su estado de conservación e impacto. El RCEA se fundamenta en la creación de unidades ambientales basadas en la geomorfología (tipo de costa) y en la bionomía (comunidades de vegetales terrestres y marinos); incluyendo macro-invertebrados bentónicos de interés (patrimonial, marisquero). Este estudio nos ha permitido establecer cinco unidades ambientales en la costa de Santa Pola: i) tres en costa rocosa (no impactada, impactada por sedimentos, urbanizada); ii) y dos en la costa arenosa (no impactada y antropizada). También, nos ha permitido: i) constatar un impacto no conocido, la regeneración por arena de un sector de costa rocosa, realizado a finales de los 90; ii) la aplicabilidad del RCEA, dentro de la Directiva Marco de la Estrategia Marina, en conocer las condiciones de referencia para el “Buen Estado Ambiental” (BEA); y iii) señalar por primera vez en el SE ibérico, la presencia de un alga parda (*Cystoseira crinita*), protegida por el Convenio de Barcelona. Se pretende aplicar una valoración rápida y sencilla al litoral actual, comprobando que la gestión realizada durante los últimos años, en la cual se perseguía equivocadamente un turismo de calidad, debe corregirse. Evolucionando este turismo de masas hacia otro que respete aquellos espacios naturales que aún nos quedan.

**Palabras clave:** Litoral, “Rapid Coastal Environmental Assessment”, gestión costera, unidades ambientales, bionomía bentónica, especies de interés, Buen Estado Ambiental, SE ibérico.

## ABSTRACT

---

The coast represents an interaction zone between land and sea. Space which has been troubled during the last years, where prevailed conflicts between human (e.g. tourist vs. industrial, tourist vs. conservationist). The terrible management and excessive human action have caused the damage of our coast. Nevertheless, there are some coast fragments that keep their natural balance. In this work, a "Rapid Coastal Environmental Assessment" was made – direct method, not destructive and semiquantitative - over Santa Pola coast, with the purpose of knowing the status of conservation and human impacts. The RCEA is based on the creation of environmental units which are based on geomorphology (kind of coast) and bionomy (terrestrial and marine communities); include benthic macro-invertebrates of interest (patrimonial, shellfish collection). This work has allowed us to establish five environmental units in Santa Pola coast: i) three on rocky coast (not impacted, impacted by sediments and urbanized) and ii) two on sandy coast (not impacted and anthropized). In addition to, it has allowed us to know: i) an unknown impact, the regeneration with sand of a rocky coast fragment, which was made in the 1990s; ii) the applicability of the RCEA in the Framework Directive of the Marine Strategy to know the baseline conditions for the "Good Environmental Status" (GES); and iii) the brown algae *Cystoseira crinita* was cited for the first time in SW Iberian, which is protected by Barcelona Convention. Fast and easy assessment was made to the current coast, with the intention of the terrible management, that was made with the purpose of looking for the best tourism during the last years, should not be repeated. The new tourism should respect our natural areas.

**Keywords:** Littoral, "Rapid Coastal Environmental Assessment", environmental units, benthic bionomy, species of interest, coastal management, Good Environmental Status, SE Iberian.

## ÍNDICE

---

<b>Resumen/Abstract</b>	<b>2</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
1.1 Importancia del ambiente costero	5
1.2 Zonación costera	6
1.3 Objetivos	8
<b>2. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>8</b>
2.1 Área de estudio	8
2.2 El método “Rapid Coastal Environmental Assessment”	8
2.3 Material y estrategia de muestreo	9
2.4 Identificación de especies	11
2.5 Análisis de datos	12
<b>3. RESULTADOS</b>	<b>13</b>
3.1 Caracterización del litoral de la costa de Santa Pola	13
3.1.1 Costa rocosa natural (RN)	13
3.1.2 Costa rocosa antropizada (RA)	20
3.1.3 Costa arenosa natural (AN)	22
3.1.4 Costa arenosa antropizada (AA)	23
3.1.5 Muestreo estacional	24
3.2 Unidades ambientales	26
3.2.1 Ambiente litoral terrestre	26
3.2.2 Ambiente litoral marino	27
3.3 Especies de interés patrimonial	29
3.3.1 <i>Cystoseira</i> spp.	30
3.3.2 Fanerógamas marinas (Magnoliophyta)	32
3.3.3 Formaciones de vermétidos	33
3.4 Buen Estado Ambiental	33
3.4.1 Costas rocosas	34
3.4.2 Costas arenosas	35
<b>4. DISCUSIÓN</b>	<b>36</b>
<b>5. CONCLUSIONES/CONCLUSIONS</b>	<b>38</b>
<b>6. REFERENCIAS</b>	<b>40</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>42</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>43</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Importancia del ambiente costero

El litoral marino representa la zona de contacto entre el mar y la tierra emergida. Esta estrecha superficie, situada entre las interfaces tierra-agua-aire, representa el ambiente más selectivo del planeta, donde las variaciones de temperatura, salinidad, humectación e insolación son muy acusadas. Por otro lado, la franja costera se conoce como la zona de interacción entre el medio marino y el terrestre, incluida la interacción antrópica.

Sin embargo, la anchura de la zona costera varía en función de cada país y contexto en el que se utilice, sea por sus fines científicos, administrativos o de manejo (Silva *et al.*, 2014).

El aprovechamiento de los recursos naturales costeros se ha realizado de un modo insostenible y poco respetuoso con el medio natural durante las últimas décadas. La intensificación de los usos humanos y las presiones en la costa justifican la realización de actuaciones de conservación en favor de la continuidad de los procesos naturales y la biodiversidad litoral. Así, a nivel regional (caso del Mar Mediterráneo) se hace necesaria una adecuada gestión, compatibilizando el desarrollo de distintas actividades (ocio, turísticas, pesqueras, industriales, urbanísticas...) con la conservación del medio marino costero. (Giménez *et al.*, 2007)

Desde un punto de vista jurídico, la caracterización de las costas a nivel nacional es fundamental para la administración del establecimiento de políticas públicas y acciones de protección y manejo de la zona costera (Barragán, 2005). En España se observa un ligero avance de su gestión tras la Ley de Costas de 1988 (BOE nº 181 de 29/07/1988), la cual ha sido ejemplo para otros países. No obstante, fue desarrollada con el fin de gestionar el dominio público marítimo terrestre, y planificar su desarrollo urbano y turístico, no en el litoral marino donde se consideran los procesos litorales y ecológicos junto a los socioeconómicos (Gómez-Pina *et al.*, 2002; Silva *et al.*, 2014). No fue hasta 2006, cuando España remitió a la Comisión Europea la aplicación del GIZC (Gestión Integrada de la Zona Costera) en Europa, (Domenech *et al.*, 2009). La aplicación del GIZC tiene varios fines cómo puede ser reducir la vulnerabilidad de la zona costera a fenómenos naturales (inundaciones o tormentas), mantener la biodiversidad y los procesos ecológicos propios de la zona costera, mejorar la calidad del agua y resguardar la calidad de vida de las comunidades litorales, rehabilitar zonas anteriormente afectadas y aprovechar de forma correcta los recursos costeros evitando los conflictos entre usos y procesos naturales. Finalmente, en 2007, de acuerdo a la *Estrategia para la Sostenibilidad de la Costa* (MMA, 2017) se asume el compromiso de impulsar una gestión sostenible, integrada y concertada del litoral, cuyos objetivos fundamentales son: i) la

protección y conservación de la integridad de los sistemas litorales y marinos; ii) la garantía del acceso y del uso público a la costa para los usos comunes acordes con su naturaleza; y iii) la recuperación y transformación del borde marítimo en los tramos urbanizados y degradados.

El panorama del litoral europeo mediterráneo ha cambiado drásticamente en los últimos 30 años, periodo de tiempo en el que se ha alterado prácticamente el 90% del mismo; perdiendo uno de nuestros más importantes bienes naturales (Costa *et al.*, 1984). Al respecto, la Unión Europea con dos Directivas Marco, una del Agua (DMA, 2000) y otra de la Estrategia Marina (DMEM, 2008) intentan proteger la vulnerable franja litoral. Con el presente trabajo se pretende conocer un pequeño pedazo de estos espacios de lucha y vida en el Mediterráneo español, localizado en el Municipio de Santa Pola, y poder salvaguardar su interesante Cabo.

## 1.2 Zonación costera

El eje de variación principal de los factores ambientales en el mar es vertical y, en el litoral, los cambios en las comunidades ocurren en distancias muy cortas. Luz, temperatura, humedad, nutrientes y sustrato varían en función de la altura o profundidad sobre el nivel del mar y paralelos a la línea de costa. Debido a lo cual se producen cambios acusados de especies de arriba abajo; cambios a los que se denomina zonación. El máximo de producción y productividad en el ambiente bentónico se encuentra a nivel del mar, disminuyendo tanto hacia arriba como hacia abajo. (Bellan-Santini *et al.*, 1994; Rodríguez *et al.*, 2013)

Respecto a la zonación en la costa rocosa en el Mediterráneo (Pérès and Picard, 1964), en primer lugar, encontramos el piso adlitoral, dominado por comunidades de vegetales terrestres. (Fig. 1 sup.). Seguidamente, y ya en el ambiente marino, y por encima del nivel del mar, donde llegan las salpicaduras del oleaje y los fuertes temporales, se distingue el piso supralitoral con su comunidad de cianobacterias y Littorinidae spp. A continuación, el piso mediolitoral es la zona de batido y barrido del oleaje, donde los organismos que habitan toleran la emersión prolongada pero no pueden sobrevivir a una inmersión permanente, aquí empezamos a encontrar algunas especies de macroalgas y macroinvertebrados (además de Littorinidae spp.). Finalmente, el piso infralitoral, normalmente por debajo del nivel del mar, cuyo límite inferior coincide con la desaparición de las fanerógamas marinas y algas fotófilas (Rodríguez *et al.*, 2013). En el presente trabajo, y dentro del infralitoral superior, se hace especial distinción de la plataforma de abrasión y la franja litoral, situadas entre 0 y 1m de profundidad.

Por otro lado, respecto a las comunidades en costas arenosas, encontramos una serie de factores típicos como son el sustrato móvil, una fuerte acción abrasiva del viento salino y de la

arena y la presencia de un nivel freático del agua salada de origen marino que confiere la condición de halofilia (Costa *et al.*, 1984). En la zona adlitoral (Fig.1 inf.) solemos encontrar dunas móviles con vegetación terrestre asociada. Tras ello encontramos la comunidad de dunas planas embrionarias también con vegetación asociada (piso supralitoral). Finalmente, el “desierto” mediolitoral y las comunidades de arenas finas (piso infralitoral).



**Figura 1:** Zonación del litoral (las líneas delimitan cada uno de los pisos en los que está dividida la costa rocosa (superior) y arenosa (inferior): (1) piso adlitoral; (2) piso supralitoral; (3) piso mediolitoral; (4) piso infralitoral; (P) plataforma de abrasión (infralitoral); (F) franja litoral (infralitoral). Cabo de Santa Pola.

### 1.3 Objetivos

El objetivo principal del presente trabajo es conocer el estado de conservación/impacto del litoral del Municipio de Santa Pola y, en particular, el Cabo de Santa Pola. En cuanto a los objetivos específicos:

- i) conocer las comunidades litorales terrestres (en base a la vegetación) y marinas (en base a las macrofitas (macroalgas y fanerógamas) e invertebrados bentónicos);
- ii) establecer unidades ambientales en base a la geomorfología y las similitudes bionómicas (macrofitas y macro-invertebrados bentónicos);
- iii) conocer los usos humanos e impactos en cada una de las zonas;
- iv) establecer categorías de conservación/impacto de la costa; y
- v) elaborar un primer esbozo de ordenación del litoral del Cabo de Santa Pola.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

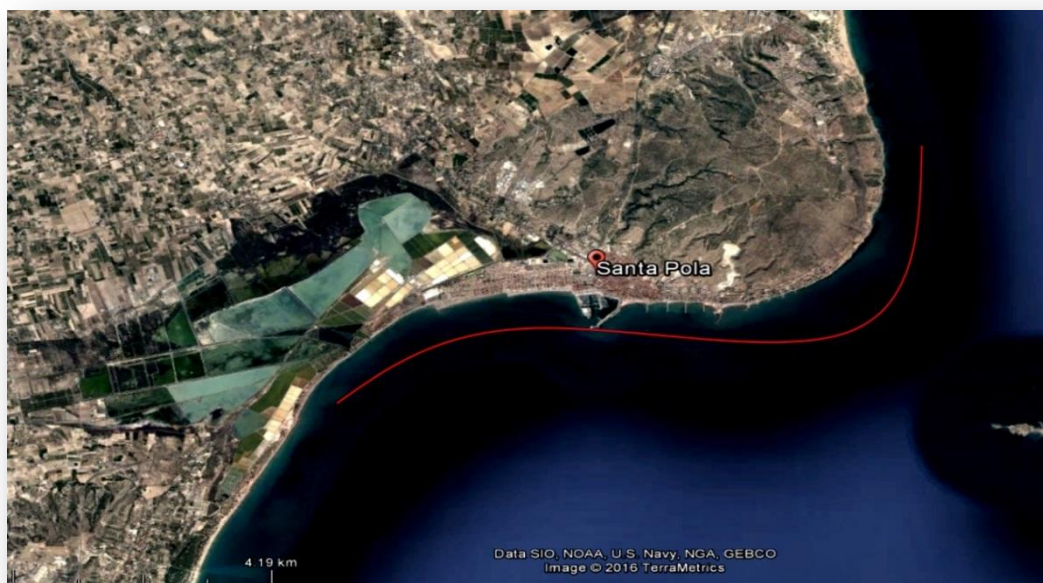
### 2.1 Área de estudio

El trabajo se ha realizado a lo largo de todo el litoral del Municipio de Santa Pola, estudiando la costa rocosa y las playas de arena en 10.3 kilómetros de costa (Fig.2). Santa Pola es un municipio turístico situado en la provincia de Alicante, en la comarca del Bajo Vinalopó, donde hasta el momento no se ha realizado ningún tipo de trabajo de caracterización del litoral relacionado con la gestión o el manejo de sus costas, lo que se convierte en una de sus principales necesidades.

### 2.2 El método “Rapid Coastal Environmental Assessment” (RCEA).

Para cada lugar, en particular, las comunidades naturales, los recursos vivos, usos humanos e impactos son claves en un buen plan de ordenación costera (Barragán, 2005). Un método rápido de obtención de dicha información es el “Rapid Coastal Environmental Assessment” (RCEA), llevado a cabo en el programa de acción estratégica costera para el Mar Rojo y el Golfo de Adén (Price, 2004). Este método directo, no destructivo y semicuantitativo permite el análisis rápido de la costa y tiene la finalidad de conservar la biodiversidad y proteger diferentes áreas costeras y marinas, tomando las medidas de gestión necesarias. El RCEA presenta ventajas si se les compara con otros métodos cuantitativos que requieren más tiempo (Kingsford y Battershill, 1998): i) una buena comprensión integrada del área de la costa; y ii) la viabilidad del levantamiento de distintos puntos de la costa en escalas de tiempo relativamente cortas (Price, 2004).





**Figura 2:** Litoral del Municipio de Santa Pola. La línea roja representa la zona costera sobre la que se ha realizado el muestreo. Con escala representativa de 4.19 km (imagen tomada de Google Earth)

Dependiendo del objetivo principal de la investigación, el tipo de costa, los recursos humanos y económicos, y el tiempo disponible para realizarlo, la evaluación de los sistemas costeros se realiza en un rango de escala e intensidad determinados (Price, 2004). El método, básicamente, consiste en la división de la costa en unidades ambientales (Ramos y Ferrandis, 1983): i) geomorfológicas (costa rocosa alta o baja, playas de cantos, arenosas o fangosas); ii) bionómicas (vegetación terrestre y marina); y iii) de usos (turístico, urbano, industrial, natural).

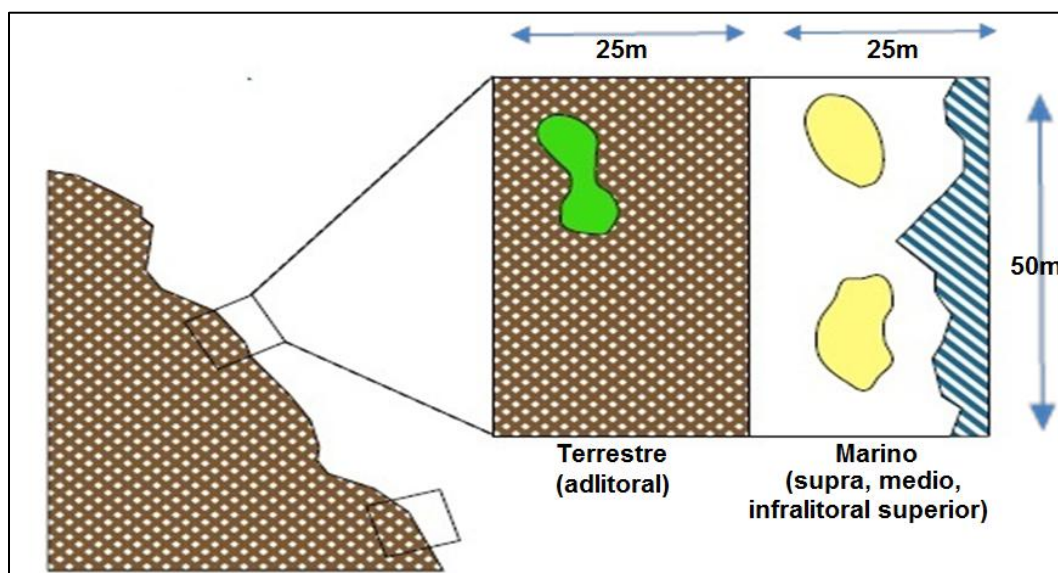
Dentro de cada tipo de costa, en función de su longitud y tiempo del estudio, se realizan un número de cuadrados aleatorios con una dimensión que puede variar entre 1 km y 50m (Price, 2004)

### **2.3 Material y estrategia de muestreo**

El material utilizado ha sido sencillo: cinta métrica de 50m, tablilla con estadillo, cuaderno de campo, y cámara fotográfica sumergible. Con el fin de observar las comunidades algales de la plataforma de abrasión, se utilizó un “mirafondos”, y el infralitoral superior (0-2m de profundidad) con buceo en apnea.

En principio, todo el litoral de Santa Pola se ha dividido en cuatro grandes unidades ambientales en función del tipo de costa y usos humanos: i) costa rocosa natural; ii) costa rocosa antropizada; iii) playa de arena natural; y iv) playa de arena antropizada. Cada una de

estas cuatro grandes unidades se ha muestreado mediante cuadrados de 250 m<sup>2</sup> (50x50 metros) colocados al azar y en un número proporcional a las distintas longitudes de cada unidad. La mitad de dichos cuadrados (25x25 metros) se sitúa en el punto donde termina la zona terrestre y comienza la zona marina con el inicio del piso supralitoral (Fig.3)



**Figura 3:** Esquema idealizado de los cuadrados de muestreo 250 m<sup>2</sup>

En cuanto al número de cuadrados de muestreo realizados en cada unidad ambiental, aproximadamente, ha estado en función de la longitud del litoral de cada una de ellas (obtenidas mediante Google Earth). Se han realizado un total de 21 cuadrados de muestreo a lo largo de toda la costa, proporcional a la longitud: 7 cuadrados en 3.5 km de costa rocosa natural (RN); 3 cuadrados en 0.7 km de costa rocosa antropizada (RA); 7 cuadrados en 4.08 km de playa de arena antropizada (AA); y 4 cuadrados en 2 km de playa de arena natural (AN). Para el análisis semicuantitativo se aplica la escala ACFOR con valores del 1 al 5: (A) abundante, valor=5; (C) común, valor=4; (F) frecuente, valor=3; (O) ocasional, valor=2; (R) raro, valor=1 (Price, 2004). Cada cuadrado es examinado en secciones paralelas: las zonas adlitoral (vegetación terrestre), supralitoral, mediolitoral, plataforma de abrasión y finalmente la franja litoral.

En la Figura 4, se presentan los puntos de muestreo seleccionados al azar dentro de cada unidad ambiental y sus coordenadas correspondientes (Tabla 1), a lo largo de la costa litoral del Municipio de Santa Pola.



**Figura 4:** Localización de los cuadrantes de muestreo al azar en las distintas unidades ambientales. (a) costa rocosa natural; (b) playa arenosa antropizada; (c) costa rocosa natural y antropizada; (d) playa arenosa natural. (Imágenes obtenidas de Google Earth)

**Tabla 1:** Coordenadas de los puntos de muestreo. Unidades ambientales: (RN) costa rocosa natural; (RA) costa rocosa antropizada; (AN) playa de arena natural; (AA) playa de arena antropizada. (N) Número de estación. (L/I) Latitud y Longitud.

N	RN		RA		AN		AA	
	N 38º	W 00º	N 38º	W 00º	N 38º	W 00º	N 38º	W 00º
1	13°24.5"	30°35.9"	11°41.7"	31°01.3"	11°01.2"	36°07.8"	11°22.2"	31°51.0"
2	13°09.2"	30°28.5"	11°36.8"	31°09.2"	11°07.8"	35°57.8"	11°21.5"	31°53.9"
3	12°34.4"	30°27.6"	11°37.2"	31°08.1"	11°10.3"	35°54.8"	11°20.5"	33°01.4"
4	12°30.4"	30°28.3"	-	-	11°14.7"	35°46.6"	11°28.8"	34°58.1"
5	12°23.5"	30°31.8"	-	-	-	-	11°27.7"	34°26.7"
6	12°10.0"	30°35.0"	-	-	-	-	11°26.0"	34°40.2"
7	11°53.6"	30°47.9"	-	-	-	-	11°25.9"	33°52.2"

## 2.4 Identificación de especies

El método RCEA es no destructivo, una buena parte de las especies encontradas fueron identificadas "in situ". No obstante, algunas desconocidas o dudosas fueron recogidas e identificadas en el laboratorio. Se trataba de alcanzar el nivel especie, aunque en ocasiones no fue posible, llegando al taxón más próximo (género, familia). La identificación de especies,

también se realizó con ayuda de la fotografía mediante imágenes tomadas con una cámara submarina. Las guías empleadas para la identificación han sido: Calvín (2000), Blanca *et al.* (2011), Rodríguez *et al.* (2013) y Herbari virtual de les Illes Balears. ([www.uib.cat/depart/dba/botanica/herbari/](http://www.uib.cat/depart/dba/botanica/herbari/)). La nomenclatura de las especies marinas se han actualizado por el programa World Register of Marine Species (WoRMS: [www.marinespecies.org/](http://www.marinespecies.org/)).

## 2.5 Análisis de datos

Como se ha comentado anteriormente, para la valoración semicuantitativa de las diferentes especies o taxones observados se ha utilizado la escala “ACFOR” (Price, 2004): (A=5) abundante; (C=4) común; (F=3) frecuente; (O=2) ocasional y (R=1) raro. Para las afinidades entre las unidades muestrales (cuadrados 50x50m) y la caracterización de las unidades ambientales, se han realizado análisis de ordenación “cluster” mediante el software estadístico PRIMER-5 (Clarke & Warmick, 1994) con las distintas unidades ambientales: costa rocosa natural (RN), costa rocosa antropizada (RA), costa arenosa natural (AN) y costa arenosa antropizada (AA). Para las matrices de similitudes, utilizando macrófitas e invertebrados sésiles se ha utilizado el índice de similitud de “Bray-Curtis”, sin transformación de los datos.

Se ha realizado un análisis univariante, mediante el programa PAST (<https://folk.uio.no/ohammer/past/>) de cada una de las muestras estudiadas (Anexos I y II), con los parámetros: Riqueza específica (S), Diversidad de Shannon (H') y Equitatividad de Pielou (J).



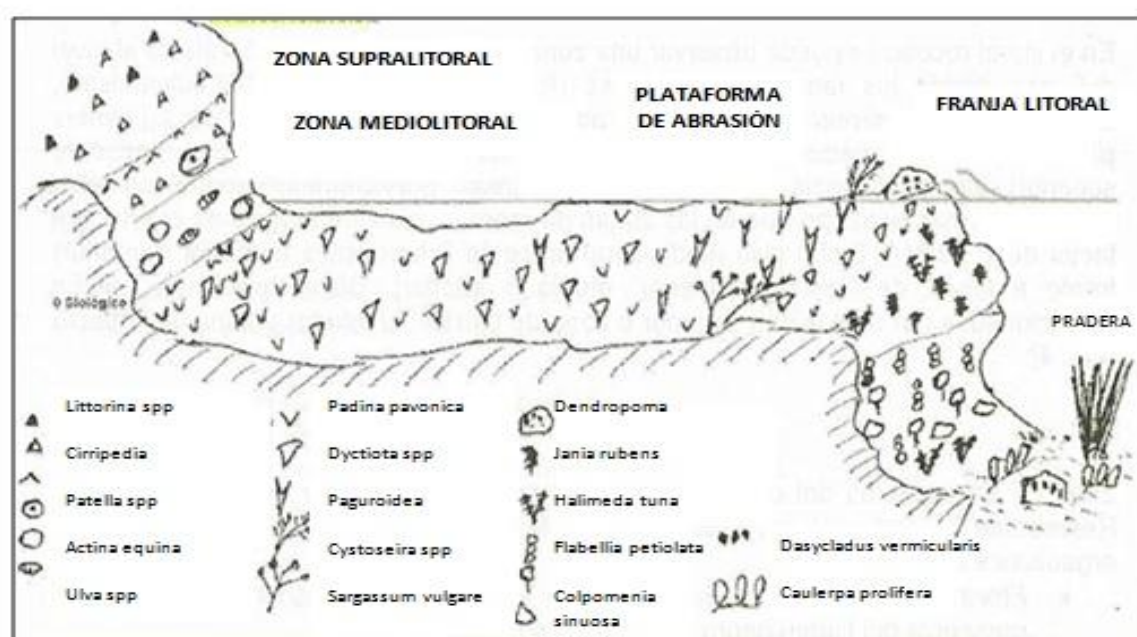
### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Caracterización del litoral de la costa de Santa Pola

La zona litoral representa el sector de la costa, límite entre el mar y la tierra emergente; también se la conoce como zona marítimo-terrestre. En función de la distancia al nivel medio del mar, aparecen más o menos delimitadas diferentes zonas o pisos en función de la humectación marina. En dicha zonación, desde la parte terrestre a la marina, encontramos las zonas (Fig. 5): adlitoral, supralitoral, mediolitoral e infralitoral superior (con la plataforma de abrasión y la franja litoral).

##### 3.1.1. Costa rocosa natural (RN)

Mientras que en las costas arenosas, la zonación litoral es más difusa, en las costas rocosas aparece más o menos bien delimitada.



**Figura 5:** Transecto idealizado de la costa rocosa natural del Cabo de Santa Pola con las principales especies (imagen tomada del cuaderno de prácticas, por A.R. Ramos-Esplá)

##### 3.1.1.1 Zona adlitoral

Sobre el sustrato rocoso localizado en el Cabo de Santa Pola (Fig.6), predominan las especies de plantas *Atriplex halimus*, *Suaeda vera*, *Sporobolus pungens* y *Crithmum maritimum*. También, los ejemplares pertenecientes al género *Limonium spp*, *Lycium spp* y *Stipa spp* son abundantes. En menor abundancia, pero no por ello menos importantes,

aparecen también ejemplares de *Lobularia maritima*, *Sarcoconia fruticosa* y *Arthrocnemum* spp. Además, aparecen especies de sustratos blandos en esta zona rocosa como *Cakile maritima* y *Atriplex glauca*.

La notable abundancia de individuos de *C.maritimum* y *Limonium* spp da lugar a comunidades de hinojo marino con colechas, propias de la zona adlitoral de la Comunidad Valenciana (*Crithmo-Limonietea*).

En esta zona de muestreo, encontramos una gran cantidad de restos antrópicos como plásticos u otros objetos flotantes, llevados hasta esta zona de la costa por el oleaje y el viento o las tormentas. Así como basura humana y restos de actividad pesquera (cajas de cebo, sedales, anzuelos) depositada en el lugar por los visitantes de la zona litoral.

#### 3.1.1.2 Zona supralitoral

En la roca del supralitoral, dominan las cianobacterias endolitas y la ausencia de macroalgas y fanerógmas terrestres. Los animales marinos están representados por los gasterópodos Littorinidae (*Melarhaphe neritoides*, *Echinolittorina punctata*) y crustáceos cirrípedos de la especie *Euraphia depressa*, isópodos (*Ligia italica*) y un decápodo braquiuro (*Pachygrapsus marmoratus*). Esta zona soporta la desecación y presenta una ligera fuente de humectación, proporcionada por las salpicaduras marinas que son transportadas por la acción del viento. En esta zona, se observan insectos detritívoros sobre los restos de algas y organismos marinos (dípteros, coleópteros). En este sector de la costa, abundan los restos de alquitrán.



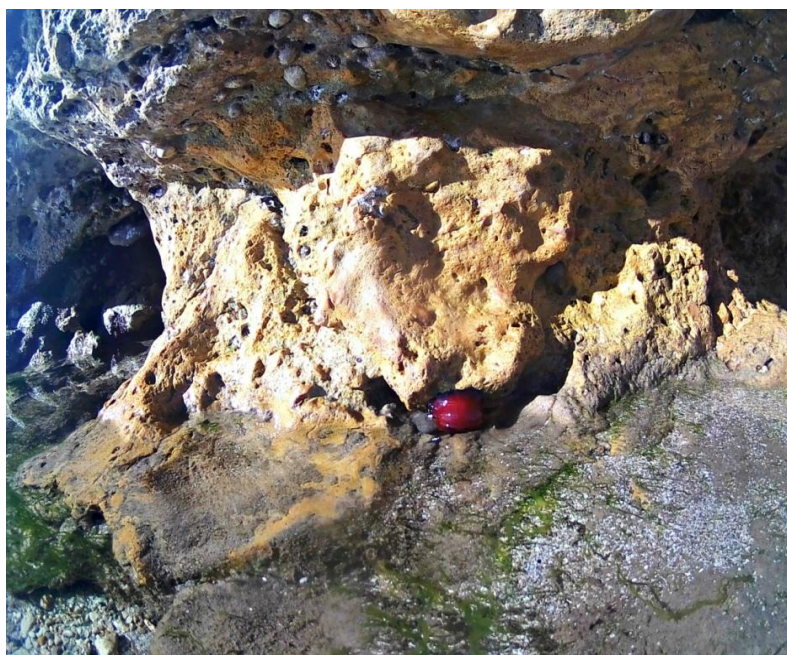
**Figura 6:** Zona adlitoral rocosa en el Cabo de Santa Pola (muestra RN2)

### 3.1.1.3 Zona mediolitoral

El piso mediolitoral representa la zona de cambios de humectación más o menos periódicos, debido a las mareas (zona intermareal o intertidal). No obstante, en el Mediterráneo, y más concretamente en el SE Ibérico, las mareas gravitatorias son de escasa amplitud (< 50cm), siendo el oleaje el principal factor de zonación. En esta zona, podemos establecer dos horizontes en función del oleaje (superior e inferior). Por un lado, el horizonte de barrido del oleaje (mediolitoral superior); y por otro, el horizonte de impacto del oleaje (mediolitoral inferior).

El horizonte mediolitoral superior es bastante homogéneo, con el dominio de cianobacterias, los cirrípedos del género *Chthamalus* (*Ch. stellatus*, *Ch. montagui*) y la lapa *Patella rustica*. También, las especies citadas en el supralitoral (*Littorinidae* spp., *Ligia italica*, *Pachygrapsus marmoratus*) están presentes, junto al cangrejo moruno (*Eriphia verrucosa*). Estacionalmente, en primavera, aparecen las macroalgas rodófitas (*Bangia*, *Porphyra* spp.).

En el mediolitoral inferior, también estacionalmente, aparecen las algas clorófitas (*Ulva*, *Chateromorpha* spp.), en ocasiones formando extensas capas de un intenso color verde que cubren las rocas. La fauna comienza a ser abundante, particularmente, los moluscos herbívoros con los gasterópodos Patellidae (*Patella ulyssiponensis*) y Trochidae (*Phorcus turbinatus*), poliplacóforos (*Chiton olivaceus*). En este tramo de la zona litoral, donde las pendientes de las rocas son más acusadas y en grietas, la actinia roja (*Actina equina*) puede aparecer (Fig. 7). También, los cirrípedos (*Chthamalus*) y *Pachygrapsus* spp. están presentes.



**Figura 7:** Zona mediolitoral rocosa en el Cabo de Santa Pola. Pueden observarse *Patella* spp. y *Actina equina*. (muestra RN7)

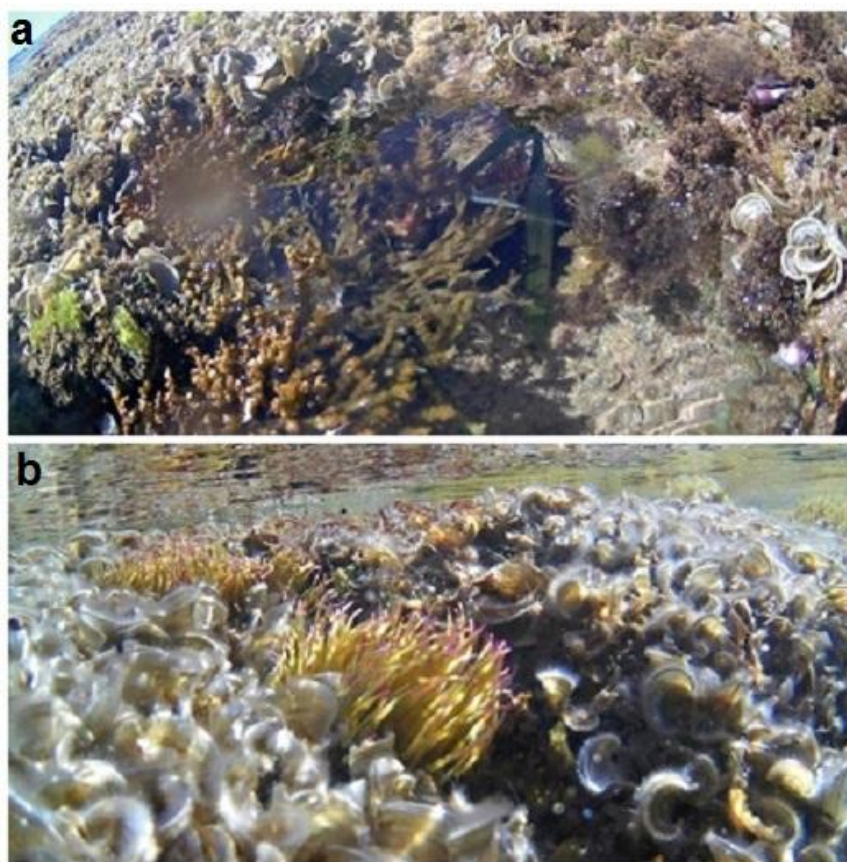


#### 3.1.1.4 Zona infralitoral superior (plataforma de abrasión, franja litoral)

El infralitoral superior ha sido dividido (Figs. 1 y 5) en la plataforma de abrasión y la franja litoral. Esta última comprende desde la zona de rompientes hasta 1.5m de profundidad.

##### a) Plataforma de abrasión

La feófita *Padina pavonica* marca la frontera entre las zona medio e infralitoral. Además, es la más abundante del infralitoral superior de Santa Pola, cubriendo la plataforma de abrasión en prácticamente toda su extensión (Fig. 8). En la zona próxima al mediolitoral, aunque menos abundante, aparece *Ulva compressa*, sustituida durante la época estival por *Ulva linza*. Otras dos especies de feófitas del género *Dictyota* (*D.fasciola* y *D.dichotoma*), también se encuentran en gran abundancia sobre la plataforma. Ambas crecen, comúnmente asociadas, y son difícilmente diferenciadas “de visu”. Ocasionalmente, aparece la rodófito *Hypnea musciformis*, junto a *Dictyota* spp. Esporádicamente, encontramos algunos individuos de pequeño tamaño de la feófita *Sargassum vulgare*, la cual se desarrolla durante la época estival.



**Figura 8:** Plataforma de abrasión del Cabo de Santa Pola. a) aspecto general con el dominio de macroalgas b) dominio de *Padina pavonica* con la actinia *Anemona viridis*



Las feófitas del género *Cystoseira* de modo calmo, como *C.sauvageauana* y *C.humilis*, variedad de *Cystoseira compressa* (según Rodríguez *et al.* 2013), así como la propia *C.compressa* están presentes en la comunidad algal de la plataforma de abrasión; especialmente en el interior de las cubetas litorales (Fig. 9). Conviene destacar la aparición de un ejemplar de *Cystoseira crinita*, especie no señalada anteriormente en el SE ibérico.

Las macroalgas dominan la plataforma de abrasión, siendo difícil observar la fauna. Encontramos en la plataforma de abrasión, mayoritariamente en el interior de las cubetas, la actinia *Anemona viridis* (Fig. 8b). Aunque no abundante, en algunos sectores del Cabo de Santa Pola aparecen incrustaciones del gasterópodo vermético *Dendropoma lebeche*.

Próxima a la zona de rompientes (final de la plataforma de abrasión), comienzan a aparecer las algas feófitas *Halopteris scoparia* y *Cladostephus spongiosus*, junto con la rodófito *Jania rubens*. Todas ellas cobran importancia en la franja litoral. Esporádicamente, junto a la zona de rompiente, aparece *Cystoseira algeriensis*.



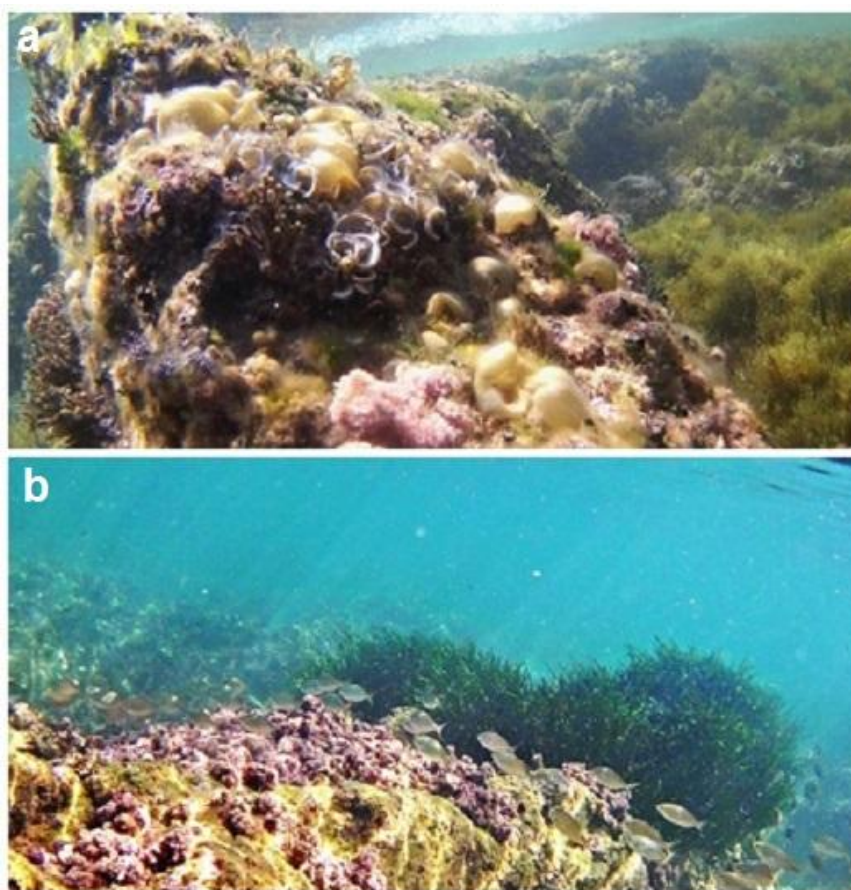
**Figura 9:** Cubeta litoral en la plataforma de abrasión del Cabo de Santa Pola con *Cystoseira* spp. de modo calmo y *Padina pavonica* al fondo.

#### **b) Franja litoral**

En la zona de rompientes, aumenta la presencia de *Jania rubens*, que pasa a ser una de las macroalgas dominantes dentro de la comunidad rocosa, junto con las también corallináceas *Lithophyllum incrustans* y *Ellisondia elongata*. Destaca en esta zona de rompientes las bioconstrucciones del gasterópodo *Dendropoma lebeche*, en ocasiones asociados a algas incrustantes *Neogoniolothon brassica-florida* y *L.incrustans*.

En superficies fotófilas, continúan presentes las algas pardas *Dictyota* spp. y *Padina pavonica*, en mucha menos densidad que en la plataforma de abrasión; *Colpomenia sinuosa*, también, una de las más abundantes en esta zona de rompiente (Fig. 10a); así como, *Halopteris scoparia* y *Cladostephus spongiosus*. Por otro lado, *Cystoseira sauvageauana* forma pequeños “bosques” cerca de lechos arenosos. En superficies esciáfilas (menos iluminadas), aparecen las clorófitas *Flabellia petiolata* y *Halimeda tuna*, junto con la rodófito *Peyssonelia squamaria*.

Finalmente, aparecen las fanerógamas marinas *Posidonia oceánica* (Fig.10b) y *Cymodocea nodosa*, junto al alga verde *Caulerpa prolifera*, en zonas arenosas. También, la clorófito *Dasycladus vermicularis* es abundante en superficies rocosas ligeramente cubiertas de arena. Estas especies pueden aparecer en la plataforma de abrasión en cubetas y grietas con arena.



**Figura 10.** Franja litoral rocosa en el Cabo de Santa Pola. a) roca con *Jania rubens* (rosa) y *Colpomenia sinuosa* (amarillo); b) roca y matas de *Posidonia oceanica* al fondo, con un banco de ‘salpas’ (muestras RN1 y RN2, respectivamente).

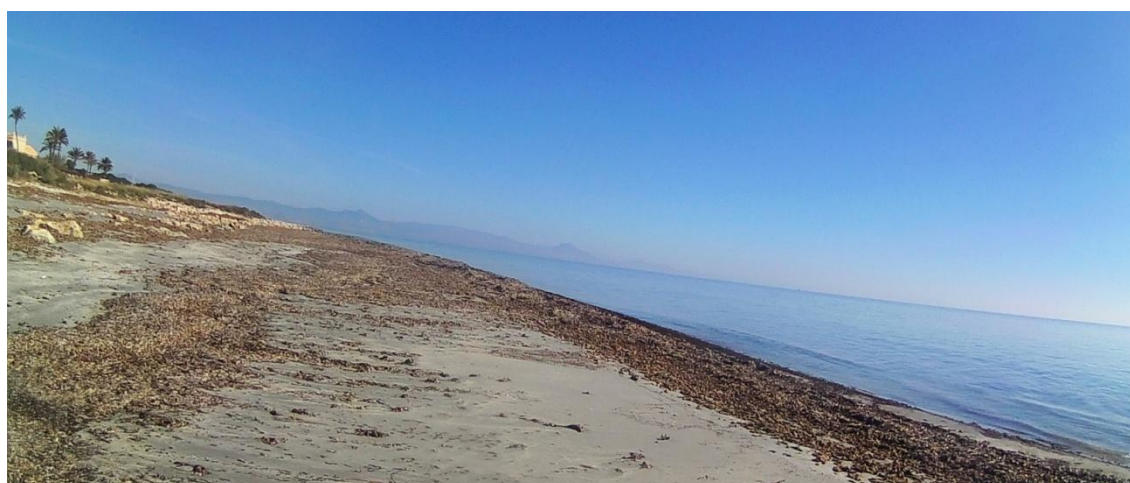
En cuanto a la comunidad de macroinvertebrados, destacan dos especies de erizos, *Arbacia lixula* y *Paracentrotus lividus*. Además de las esponjas, *Ircina variabilis* y *Sarcotragus fasciculatus*. También, está presente *Anemona viridis*, bajo las rocas de la rompiente; y el

cangrejo ermitaño *Clibanarius erythropus*. En algunos sitios, encontramos formaciones del poliqueto sedentario *Sabellaria alveolata*. Sobre la arena, es frecuente *Holoturia tubulosa*. Esporádicamente aparecen ejemplares de *Octopus vulgaris*, que encuentran refugio en las rocas de la franja litoral.

Respecto a la ictiofauna, destacar los bancos de “salpas” (*Sarpa salpa*, Fig.10b) y de “obladas” (*Oblada melanura*), o especies más solitarias, como *Serranus scriba*, *Diplodus vulgaris* y *Libridae* spp.

En cuanto a los usos humanos e impactos en la zona infralitoral en este sustrato rocoso natural, destacar la pesca deportiva, los restos de alquitrán, los residuos plásticos arrastrados por el oleaje y la basura, arrojada por los visitantes (pescadores, turistas) que frecuentan la zona.

Todos los cuadrados de muestreo de la unidad ambiental costa rocosa natural (RN), presentaron el patrón propio de la zonación del sustrato rocoso, anteriormente descrito. A excepción de dos estaciones (RN4 y RN5), las cuales presentan la roca recubierta de arena en prácticamente su totalidad. Únicamente, se reconocieron pequeñas asociaciones algales sobre las rocas que sobresalen del sustrato arenoso en la zona infralitoral superior (*H.musciformis*, *D.vermicularis*, *Dyctiota* spp. y *Dyctiopteris polypodioides*). Destacando la abundancia de *D.vermicularis* sobre el resto. Así como, fragmentos de pradera de *Posidonia oceanica*. Por otro lado, en la zona supra y mediolitoral, destacan los arribazones de *Posidonia oceanica* y esponjas marinas. (Fig. 11)



**Figura 11:** Costa rocosa natural cubierta de sedimentos de arena. Cabo de Santa Pola. (muestra RN4)

### **3.1.2 Costa rocosa antropizada (RA)**

La costa rocosa antropizada se consideró el sector del litoral con urbanizaciones próximas a la zona marítimo-terrestre. Este sector de costa corresponde a Santa Pola del Este.



#### 3.1.2.1 Zona adlitoral

La zona adlitoral se encuentra totalmente antropizada, con la construcción de un paseo marítimo y viviendas próximas al litoral (Fig. 12). Aquí encontramos plantas alóctonas, como *Carpobrotus edulis*; junto a otras de ambientes menos antropizados, como *Crithmum maritimum*, *Sporobolus pungens* y *Limonium* spp, en menos abundancia.



Figura 12: Costa rocosa antropizada en Santa Pola del Este

#### 3.1.2.2 Zonas supralitoral y mediolitoral

Ambas zonas son semejantes a la roca natural. El piso supralitoral con cianobacterias, gasterópodos Littorinidae (*Melarhaphe neritoides*, *Echinolittorina punctata*) y crustáceos (*Euraphia*, *Ligia*, *Pachypgrapsus*). El piso mediolitoral con gasterópodos Patellidae (*P.rustica*, *P.ulyssiponensis*) y Trochidae (*Phorchus* spp.), crustáceos (*Chthamalus* spp.) la actinia roja (*Actinia equina*). Únicamente, en el horizonte inferior dominan las clorófitas del género *Ulva* spp. (*U.compressa*, *U.intestinalis*, *U.linza*) que continúan siendo abundantes a lo largo de toda la plataforma de abrasión. También, destacan pequeños ejemplares de Mytilidae (*Mytilaster minimus*).

Respecto al impacto humano, encontramos residuos plásticos, basuras y posibles filtraciones de aguas residuales (abundancia de clorófitas en la plataforma de abrasión).

#### 3.1.2.3 Zona infralitoral superior

### a) Plataforma de abrasión

Como hemos comentado en el párrafo anterior, las clorófitas del género *Ulva* son abundantes, llegando a dominar la plataforma de abrasión en toda su extensión. También, la rodófito oportunista *Hypnea musciformis* es frecuente. No obstante, aunque en menor proporción, aparecen especies propias de lugares no antropizados, como las feófitas *Padina pavonica*, *Dictyota fasciola* y *Halopteris scoparia*. Así como, la anémona de mar *Anemona viridis*; y los cangrejos ermitaños *Clibanarius erythropus* y el braquiuro *Eriphia verrucosa*.

### b) Franja litoral

La zona de rompiente se encuentra recubierta por *Jania rubens*, acompañada de *Colpomenia sinuosa*, *Ellisolandia elongata*, *P.pavonia*, *D.fasciola*, *Cladostephus spongiosus* y *Sargassum vulgare*. Todas estas especies están presentes en el Cabo de Santa Pola. En las zonas de penumbra, aparecen *Flabellia petiolata*, *Halimeda tuna* y *Peyssonnelia squamaria*, aunque con menor abundancia que en el Cabo.

También, en la zona de rompiente aparecen las bioconstrucciones del gasterópodo vermético *Dendropoma lebeche*, asociado a algas rodófitas incrustantes (*Neogoniolithon brassica-florida* y *Lithophyllum incrustans*, Fig. 13). Destaca en esta costa rocosa antropizada la presencia de la especie exótica *Caulerpa racemosa*, junto con otras especies propias de ambientes enfangados, como *Dasycladus vermiculares* y *Caulerpa prolifera*. También, las fanerógamas marinas *Cymodocea nodosa* y *Posidonia oceanica* están presentes.



**Figura 13:** Franja litoral rocosa de Santa Pola del Este (zona antropizada).

En cuanto a la comunidad de macro-invertebrados sésiles, es semejante a la encontrada en el Cabo de Santa Pola. Destacan las formaciones del poliqueto *Sabellaria alveolata*, *Ircinia variabilis* y *Sarcotragus fasciculatus*; además de *A. viridis*. Respecto a la fauna móvil, destaca la abundancia de erizos (*Paracentrotus lividus* y *Arbacia lixula*); los ermitaños *C. erythropus*; y de *Holothuria tubulosa*, sobre sustratos arenosos. Entre los peces señalar las familias de espáridos (*Diplodus* spp.), serránidos (*Serranus cabrilla*), góbidos y blénidos.

### 3.1.3 Costas arenosas naturales (AN)

En las costas arenosas, resulta difícil observar la zonación (Fig. 14), dado que no hay comunidades superficiales que lo delimiten de forma clara como sucede en las costas rocosas.

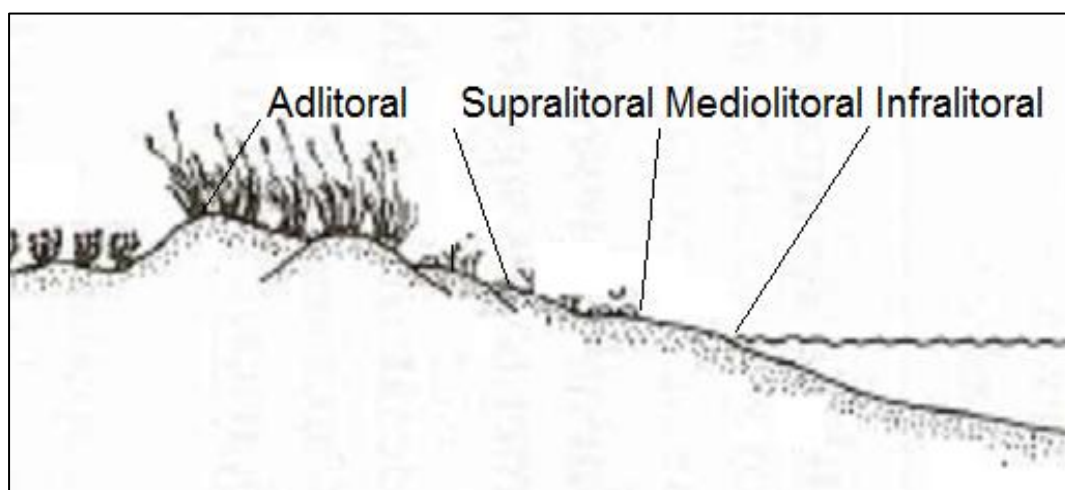


Figura 14: Transecto idealizado de la costa arenosa de Santa Pola (modificado de Costa *et al.*, 1984)

#### 3.1.3.1 Zona adlitoral

Sobre las dunas embrionarias localizadas sobre la costa arenosa natural de Santa Pola encontramos extensas comunidades de vegetales que se encargan de su consolidación (Fig.15). Entre estas especies de plantas predominan *Salsola oppositifolia* en forma de grandes arbustos que alcanzan varios metros de anchura. A su alrededor destacan *Cakile maritima*, *Lobularia maritima*, *Atriplex* spp., *Limonium* spp. *Echium sabulicola* y la especie invasora *Carpobrotus edulis*. También, encontramos abundantes ejemplares de *Sporobolus pungens* y *Stipa* spp. que cubren prácticamente toda la zona adlitoral. Destaca una gran cantidad de basura depositada por los visitantes.



### 3.1.3.2 Zona marina (supralitoral, mediolitoral e infralitoral)

En la zona marina de la costa arenosa encontramos arribazones de la fanerógama marina *Posidonia oceanica* y del alga verde *Caulerpa prolifera*, así como una gran cantidad de conchas pertenecientes a la familia Veneridae, especialmente de *Chamelea gallina*.



Figura 15: Costa arenosa natural en la Playa de la Gola, Santa Pola. Zona adlitoral

En cuanto a los usos humanos, aparte del baño, destaca la pesca deportiva, a pesar de su prohibición; los residuos plásticos arrastrados por el oleaje, además de una gran cantidad de basura.

### 3.1.4 Costa arenosa antropizada (AA)

Las playas de arena antropizada de la costa de Santa Pola se encuentran en su totalidad cubiertas por arena procedente de la regeneración (Fig.16). En ellas se han colocado numerosos espigones que actúan de barrera frente al oleaje. Destaca también, como uno de los principales impactos, la limpieza y recogida de arribazones.

#### 3.1.4.1 Zona adlitoral

Debido a la limpieza de las playas, únicamente encontramos vegetación terrestre sobre las rocas de los espigones, donde dominan las especies de plantas *Lotus creticus*, *Crithmum maritimum* y *Sporobolus pungens*. Lógicamente, la zona es utilizada para el baño; la pesca deportiva se realiza desde los espigones.



Figura 16: Playa de Levante en Santa Pola. Unidad ambiental playa de arena antropizada

#### 3.1.4.2 Zona marina

En la zona de influencia marina, cuando no son retirados, aparecen arribazones de *Posidonia oceanica*, junto a macroalgas de los géneros *Dictyota* y *Ulva*. En los espigones y sobre los bloques rocosos, encontramos algas oportunistas como las clorófitas *Ulva intestinalis* y *Chaetomorpha aerea* junto con la rodófito *Ellisolandia elongata*. Ocasionalmente, y en muy poca densidad, aparece la feófito *Padina pavonica*. Adheridos también a las mismas rocas aparecen ejemplares de *Chthamalus* y *Patella* spp.

#### 3.1.5 Muestreo estacional

A principios del mes de junio, con el aumento de la temperatura, se van produciendo notables cambios en el litoral. Por un lado, determinadas especies de macroalgas desaparecen y otras son las dominantes, los arribazones de *Posidonia* (protección frente a la regresión de sedimentos) se recogen de las playas, y se va incrementando la presión turística.

Por ejemplo, ciertas especies de *Cystoseira* y *Padina pavonica* desaparecen o regresionan debido a la colmatación de parte de la plataforma de abrasión por arena. Por el contrario, las especies termófilas se desarrollan (*Acetabularia acetabulum*, *Sargassum vulgare*, *Caulerpa prolifera*; Fig. 17); así como, la especie invasora *Caulerpa racemosa*, que no fue observada durante los meses de enero-abril. Por ello, el mejor periodo para realizar el “Rapid Coastal Environmental Assessment” sería en primavera (entre marzo y mayo).





**Figura 17:** Zona infralitoral superior del Cabo de Santa Pola a principios de junio con dominio de la clorófito *Acetabularia acetabulum*, la cual no apareció en los muestreos primaverales

### 3.2 Unidades ambientales

Mediante análisis de agregación (“clustering”) hemos agrupado las diferentes muestras de los cuadrados, en función del tipo de costa (rocosa, arenosa) y tipo de uso (natural, antropizado). Por otro lado, hemos separado el ambiente terrestre (zona adlitoral) y el ambiente marino (agrupando las zonas litoral e infralitoral superior). En este último, dada la ausencia de epibentos en las playas arenosas, éstas se han descartado en el estudio de agregación.

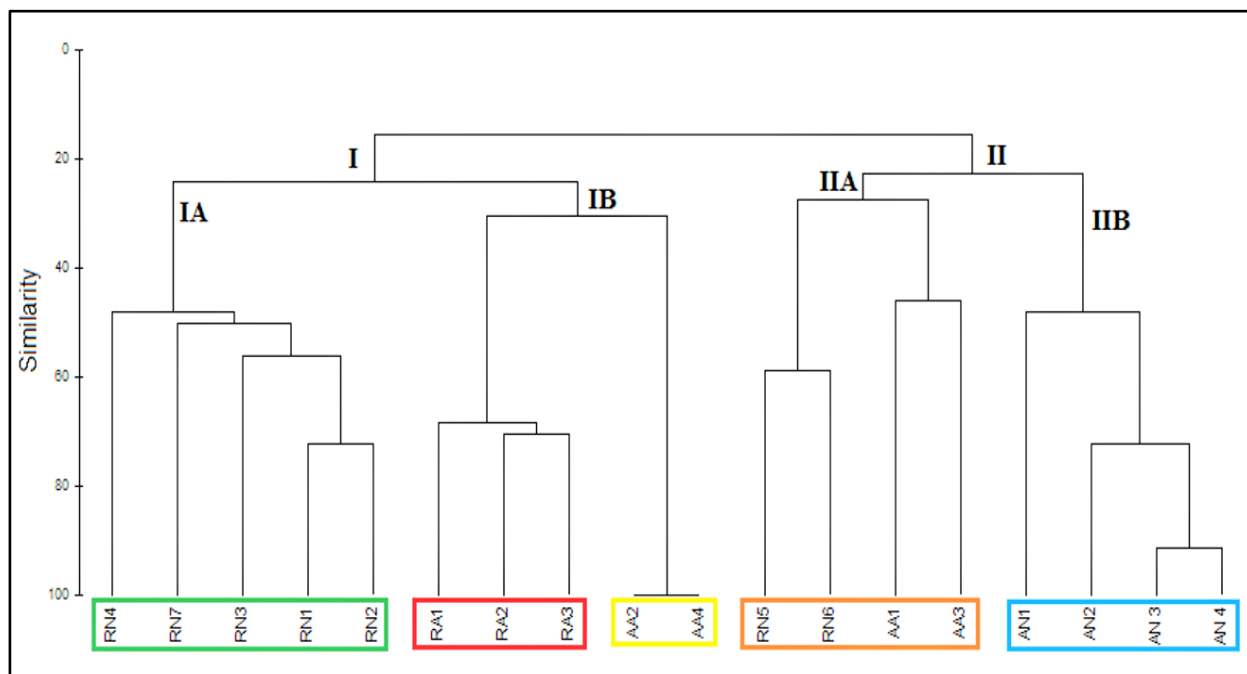
#### 3.2.2 Ambiente litoral terrestre

##### 3.2.2.1 Agregación entre muestras

La figura 18 muestra la agregación entre las diferentes estaciones, teniendo en cuenta la zona adlitoral, en base a similitud entre la vegetación terrestre. En dicho cluster, podemos observar la formación de dos agrupaciones con una baja similitud ( $< 20\%$ ): (I) sustrato rocoso y (II) sustrato arenoso. Vemos que en la agregación I, también, aparecen dos grupos, con una similitud  $\approx 23\%$ : (IA) muestras de la roca natural (sim.  $\approx 50\%$ ); (IB) roca antropizada y arena antropizada (muestras AA2 y AA4), con una similitud  $\approx 30\%$ .

Aunque las agregaciones, en principio, parecen lógicas (roca y arena), vemos que hay excepciones. En la agregación I (roca) aparecen dos muestras de arena antropizada (AA2 y AA4), ello se debe a que hemos considerado la flora asociada a los espigones de bloques

rocosos. Del mismo modo, en la agregación II (arena), aparecen dos muestras de roca natural (RN5 y RN6), posiblemente, a la influencia de la arena sobre sustrato rocoso, debido a una antigua regeneración de estas zonas por arena. (Fig. 18)



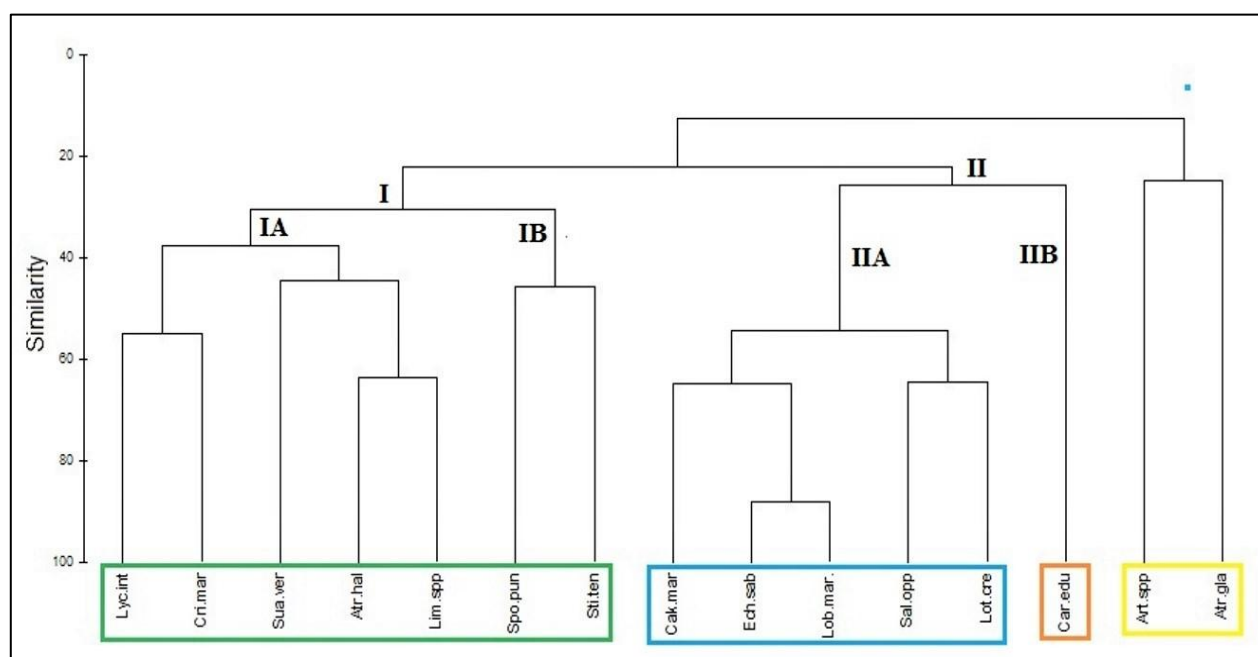
**Figura 18:** Dendrograma de similitud de las muestras de la costa de Santa Pola. (RN) costa rocosa natural; (RA) costa rocosa antropizada; (AN) playa de arena natural; (AA) playa de arena antropizada

### 3.2.2.2 Agregación entre especies

La figura 19 muestra la agregación entre las diferentes especies de fanerógamas determinadas en la zona adlitoral.

Podemos observar que con una similitud baja (sim. < 20%) se separan *Arthrocnemum* spp y *Atriplex glauca*. Dichas especies aparecen escasamente sobre los sustratos. A continuación, se discriminan los grupos de especies (sim. ≈ 20%): (I) especies asociadas a sustratos duros; y (II) especies asociadas a sustratos arenosos. Dentro del grupo I, se discriminan (sim. ≈ 30%) las gramíneas (*Sporobolus pungens*, *Stipa tenacissima*) (agregación IB) del resto con especies más de carácter costero y halino (*Lycium intricatum*, *Crithmum maritimum*, *Suaeda vera*, *Atriplex halimus*, *Limonium* spp.) (agregación IA).

Respecto a la agregación II, observamos que la especie invasora *Carpobrotus edulis* se discrimina claramente del resto (sim ≈ 25%) (agregación IIB). El resto de especies (IIA, sim ≈ 50%) son sabulícolas (*Cakile maritima*, *Lobularia maritima*, *Echium sabulicola*, *Salsola oppositifolia* y *Lotus creticus*).



**Figura 19:** Dendrograma de similitud de las especies de fanerógamas terrestres (zona adlitoral) en la costa de Santa Pola (los taxones están en abreviatura).

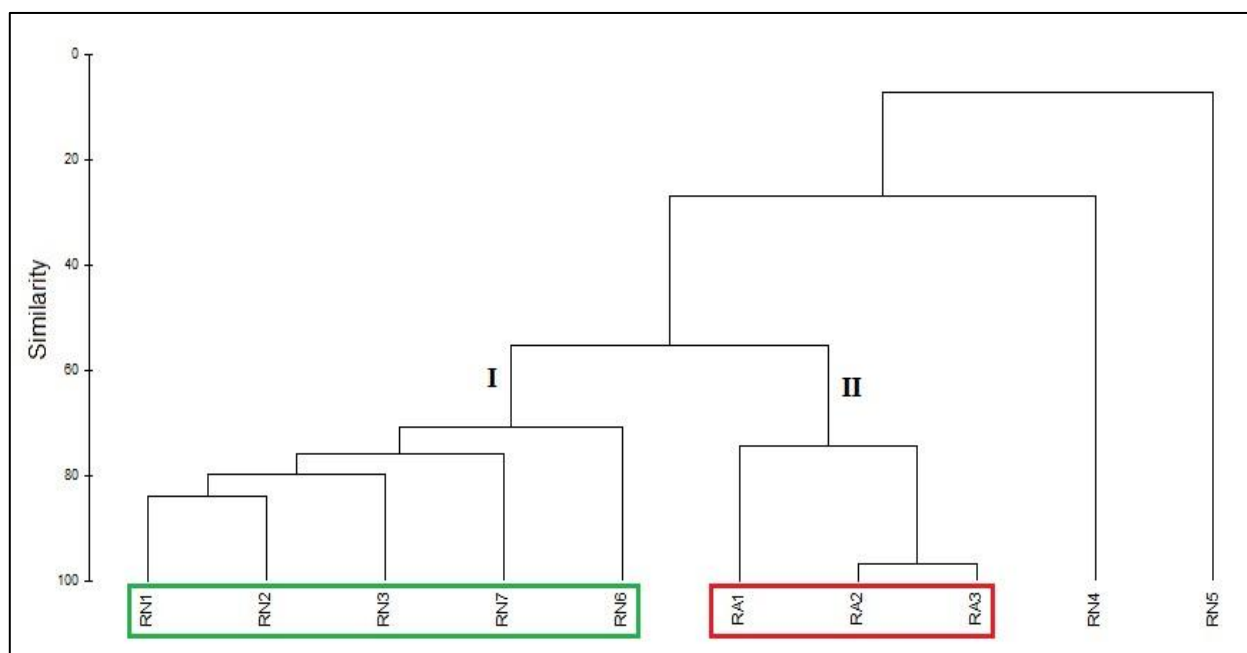
### 3.2.2 Ambiente litoral marino

Respecto a la costa rocosa, la complejidad de la zonación (supralitoral, mediolitoral e infralitoral superior) y la riqueza en especies, hace que nos centremos en aquellas especies que pueden aportar una información útil en la agregación de las muestras. Por ello, hemos descartado especies móviles de difícil observación (tamaño pequeño, caso de *Chtlamalus* spp.), considerando los organismos pertenecientes al megabentos ( $\varnothing > 10\text{mm}$ ) y fijos al sustrato.

#### 3.2.2.1 Agregación entre muestras

En el dendrograma (Fig. 20) se observa la discriminación clara de dos muestras (RN4 y RN5, sim. <30%) del resto. Como comentaremos posteriormente, ello se debe a la presencia de sedimento sobre roca, resultado de una regeneración por arena a finales de los años 90.

A un nivel relativamente alto de similitud ( $\approx 55\%$ ), se discriminan: (I) costa rocosa natural (sin sedimentación); y (II) costa rocosa antropizada. Ello nos indica que, a pesar de la construcción próxima a la costa y una mayor frecuentación en la zona rocosa, la sedimentación ocasionada por la regeneración de la costa es muy superior al impacto humano por frecuentación.



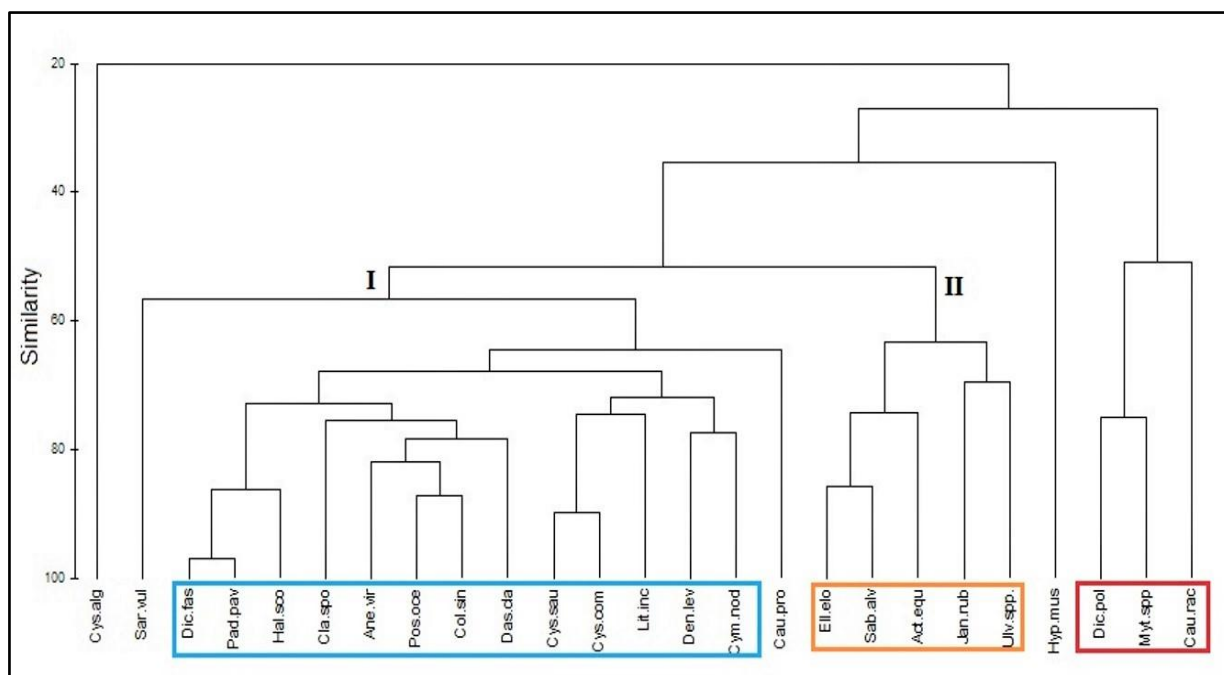
**Figura 20:** Dendrograma de las muestras procedentes de la costa rocosa de Santa Pola. (RN) costa rocosa natural; (RA) costa rocosa antropizada

### 3.2.2.2 Agregación entre especies

El dendrograma de la figura 21 muestra la agregación de las especies seleccionadas para la caracterización de las unidades ambientales de la costa rocosa. Observamos que la macroalga *Cystoseira algeriensis* se discrimina claramente del resto (sim. = 20%); ello se debe a que sólo ha aparecido en dos estaciones (RN6 y RN7), con excelente estado de conservación.

A continuación (sim. = 30%) se separa un grupo de especies que sólo están presentes en la costa rocosa antropizada: *Mytilidae* spp. son propias de ambientes eutrofizados, lo que indica cierta contaminación orgánica; *Caulerpa racemosa* es una especie invasora que prospera en ambientes alterados; y *Dictyopteris polypodioides* es una feófita oportunista. A este grupo, habría que añadir la rodófito oportunista *Hypnea musciformis* (sim. ≈ 35%).

A un nivel de similitud ≈ 50% se agregan dos grupos de especies: (I) indicadoras de lugares poco alterados; y (II) especies que pueden aparecer en lugares antropizados. El grupo II está representado por especies oportunistas que dependiendo de la presión humana o por causas naturales (sedimentación) se hacen más frecuentes. Algunas las encontramos en lugares con alta carga orgánica. (*Ellisolandia elongata*, *Jania rubens*, *Ulva* spp.) o de sedimentos (*Sabellaria alveolata*); mientras que *Actinia equina* se adapta a diferentes ambientes. (Fig. 21)



**Figura 21:** Dendrograma de similitud de las especies marinas (zonas litorales e infralitoral superior) en la costa de Santa Pola (los taxones están en abreviatura).

Respecto al grupo I, representa un complejo de especies que aparecen tanto en la costa rocosa natural como antropizada. Hay indicadoras de aguas limpias, como las feófitas: *Sargassum vulgare*, *Dictyota fasciola*, *Halopteris scoparia*, *Padina pavonica*, *Cladostephus spongiosus*, *Cystoseira sauvageauana* y *C. compressa*; y el vermético *Dendropoma lebeche*; de amplio rango ecológico *Colpomenia sinuosa*, *Lithophyllum incrustans* y *Anemona viridis*; e indicadoras de sedimentación, *Caulerpa prolifera*, *Dasycladus vermicularis*, *Cymodocea nodosa* y *Posidonia coeana*. (Fig. 21)

### 3.3 Especies de interés patrimonial

El método RAS nos ha permitido observar en el Cabo de Santa Pola algunas especies que son objeto de protección (Tabla 2) por: i) Convenio de Barcelona (1995) sobre la protección del Mediterráneo en sus Anexos II (especies en peligro o amenazadas) y III (especies cuya explotación debe ser regulada); ii) Convenio de Berna (1998) sobre la protección de la biodiversidad de Europa en sus Anexos I (especies amenazadas) y II (especies cuya explotación debe ser regulada); y iii) Directiva 92/43 CE de Habitats en sus Anexos I (hábitats prioritarios) y II (especies protegidas); y iii) libro rojo de la Unión Internacional para la Conservación de la

Naturaleza de vegetales y paisajes marinos del Mediterráneo (PNUE/UICN(Gis Posidonie, 1990).

**Tabla 2.** Especies protegidas por el Convenio de Barcelona (C.Ba), Convenio de Berma (C.Be), Directiva de Hábitats (DH) y Libro Rojo de la UICN).

Taxones	C.Ba	C.Be	DH	UICN
<b>Phaeophyta</b>				
<i>Cystoseira algeriensis</i>	II			X
<i>Cystoseira crinita</i>	II			X
<i>Cystoseira humilis</i>	II			X
<i>Cystoseira sauvageauana</i>	II			X
<b>Magnoliophyta</b>				
<i>Posidonia oceanica</i>	II	I	I	X
<i>Cymodocea nodosa</i>	II	I		X
<b>Mollusca</b>				
<i>Dendropoma lebeche</i>		I		X
<b>Echinodermata</b>				
<i>Paracentrotus lividus</i>	III	II		

### 3.3.1 *Cystoseira* spp.

A lo largo del muestreo se han identificado distintas feófitas pertenecientes al género *Cystoseira* (Fig. 22), particularmente, en las estaciones de costa rocosa natural (RN) (*C.algeriensis*, *C.compressa*, *C.crinita*, *C.humilis*, y *C.sauvageauana*.). Como se ha comentado anteriormente, todas las *Cystoseira* spp. (salvo *C.compressa*) son objeto de protección por el Convenio de Barcelona (ver Tabla 2)

Respecto a *C.crinita* (Fig. 23), es una especie endémica del Mediterráneo que se desarrolla, normalmente, en lugares protegidos del oleaje y poco profundos. Es una especie muy sensible a presiones humanas, aunque suelen soportar la presencia de sedimento arenoso, lo que la facultan como especialmente vulnerable (Thibaut *et al.*, 2005). Merece destacarse que, hasta el presente, el límite Sur de la especie era Denia (Ribera *et al.*, 1995; Thibaut *et al.*, 2005; Saltes y Ballesteros, 2012), por lo que ampliamos su distribución en el SE Ibérico.





**Figura 22:** Zona infralitoral superior del cabo de Santa Pola. a) *Cystoseira algerienses* en la franja litoral (muestra RN6). b) Comunidad de *Cystoseira sauvageauana*, junto a *Caulerpa prolifera* y *Cymodocea nodosa* (muestra RN3)



**Figura 23:** Diferentes imágenes de *Cystoseira crinita* recolectada en el Cabo de Santa Pola (muestra RN7)

### 3.3.2 Fanerógamas marinas (Magnoliophyta)

Las fanerógamas marinas *Posidonia oceanica*, endémica del Mediterráneo, y *Cymodocea nodosa* que extiende su distribución desde las costas portuguesas hasta Canarias. Representan comunidades complejas sobre sustratos blandos, aumentando la diversidad biológica y suministrando importantes servicios ecológicos (oxígeno, sumidero de carbono, zonas de puesta y cría, protección de la costa (Ros *et al.*, 1984; Bellan-Santini *et al.*, 1994). Por ello, son objeto de protección en los Convenios de Barcelona y de Berna (Tabla 2). Además, *P. oceanica* aparece en la Directiva Habitat de la Unión Europea en el Anexo I, como hábitat natural de interés comunitario, cuya conservación requiere la designación de zonas de especial conservación.

Ambas son frecuentes en el Cabo de Santa Pola sobre los sustratos duros y blandos infralitorales, tanto en la plataforma de abrasión a favor de cubetas litorales, como en la franja litoral (Fig. 24). Normalmente, estas fanerógamas se encuentran en fondos arenosos, pero la regeneración por arena de una parte de la costa rocosa supuso la colmatación por este sedimento de la plataforma de abrasión y la franja litoral, facultando el desarrollo de las fanerógamas. No obstante, podemos encontrar pequeños fragmentos de pradera de *Posidonia oceanica*, junto a otras especies que se han visto favorecidas por la presencia de arena, *Dasycladus vermicularis* y *Caulerpa prolifera* (muestra RN4 y RN5). Creciendo también en estaciones adyacentes afectadas en menor medida por la regeneración. Sin embargo, otras de alto valor patrimonial han desaparecido en la zona impactada, caso de *Dendropoma lebeche* y *Cystoseira* spp., con la pérdida de la biodiversidad asociada a estas especies bioconstructoras de hábitat.



Figura 24: Mata de *Posidonia oceanica* sobre roca en el Cabo de Santa Pola a -1m (RN3).



### 3.3.3 Formaciones de vermétidos

Casi la totalidad de las unidades muestrales de la roca natural y antropizada del Cabo de Santa Pola presentan una bioconstrucción, ecológicamente importante, conocida por formaciones de vermétidos (Fig. 25), con la especie *Dendropoma lebeche* (Templado *et al.*, 2016). Estas estructuras biogenéticas procuran la protección del sustrato rocoso litoral frente a la erosión marina; aparte, actúan como sumidero de carbono y aportan microhábitats para invertebrados, aumentando la biodiversidad marina (Chemello, 2009; Franzitta *et al.*, 2016). No obstante, son muy vulnerables a las presiones antrópicas, particularmente a las aguas residuales y a la hipersedimentación. Prueba de ello, es su ausencia en los muestreos sobre roca natural, donde hubo una regeneración de la costa por arena (RN4 y RN5).



Figura 25: Formación en "almohadilla" de *Dendropoma lebeche* (recuadro) sobre roca, a -0,5 m. (RN6)

### 3.4 Buen Estado Ambiental (BEA)

La Directiva 2008/56/CE sobre la Estrategia Marina, del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de junio de 2008 por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino, establece que los Estados miembros deben adoptar las medidas necesarias para lograr o mantener un buen estado ambiental del medio marino en el año 2020. Los principales objetivos de esta Directiva son:

- Proteger y preservar el medio marino, evitando su deterioro o, en la medida de lo posible, recuperando los ecosistemas marinos en las zonas donde se hayan visto afectados negativamente (buen estado ambiental).

- Prevenir y reducir los vertidos al medio marino, de cara a eliminar progresivamente la contaminación

Este Buen Estado Ambiental (BEA) debe de ser valorado en relación a un estado de referencia, que puede ser previamente conocido o atribuido a una serie de condiciones “naturales”, con poco impacto de la actividad humana sobre ellas. Dentro de la Directiva de Estrategia Marina tenemos dos categorías (Ruiz *et al.*, 2012):

- BEA, con dos categorías: i) condición de referencia (CR): que se atribuye a las condiciones naturales de la zona; y ii) desviación aceptable de CR, donde la desviación no afecta al funcionamiento natural del ecosistema.
- Sub-BEA, cuando la comunidad de especies, hábitats o ecosistemas muestra diferencias notables con respecto a la CR, con dos categorías: i) desviación no aceptable de CR cuando aún cabe un mínimo de esperanza en la recuperación del sistema; y ii) destrucción o pérdida irrecuperable, cuando no cabe modo alguno de recuperar la CR.

En base a las unidades ambientales estudiadas podemos establecer el estado o nivel de referencia de acuerdo a características que determinan zonas bien conservadas, con escasa influencia de la actividad humana, tanto para las costas rocosas como arenosas

### 3.4.1 Costas rocosas

**a) Costa rocosa natural:** En una primera aproximación, las estaciones localizadas en sustrato tipo Roca Natural (RN1, RN2, RN3, RN6 y RN7) presentan patrones de conservación de hábitats rocosos. Por un lado, el desarrollo de la vegetación terrestre (*Crithmo-limonietum*) y por otro el ambiente marino. En dicho ambiente, se han localizado especies de *Cystoseira*, *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa* y *Dendropoma lebeche* indicadoras de alta calidad ambiental. De acuerdo a las condiciones naturales de la zona, alcanza el estado o nivel de referencia (Condición de Referencia; CR).

Sin embargo, dentro de la Roca Natural, se han localizado dos estaciones (RN4 y RN5) que se encuentran cubiertas de arena. Ello fue debido a la ‘regeneración’ de una playa artificial a últimos de los años 90; actividad humana considerada de elevado impacto. (Ramos y Ferrandis, 1983). Esta zona rocosa ha sido destruida y su recuperación a BEA será difícilmente alcanzable.

**b) Costa rocosa antropizada:** La zona adlitoral de la Roca Antropizada (RA1-3) se encuentra en un estado actual cuya recuperación del nivel de referencia es, prácticamente, imposible. La

existencia de viviendas próximas al litoral y la construcción de un paseo marítimo impiden la regeneración natural. No obstante, la parte marina no se aleja mucho de la CR (presencia de *Dendropoma* y macroalgas indicadoras de buena calidad), por lo que se establece por la categoría de desviación aceptable de CR.

### 3.4.2 Costas arenosas

**a) Costa arenosa natural:** En las estaciones de la Arena Natural (AN1-4), se diferencian claramente una serie de fanerógamas propias de comunidades dunares (Costa *et al.*, 1984), *Echium sabulicola*, *Arthrocnemum macrostachyum*, *Lotus creticus*, *Lobularia maritima*, *Cakile maritima* y *Sporobolus pungens*. Especies que actualmente han desaparecido, prácticamente, como consecuencia de la degradación de nuestras playas. (Ramos y Ferrandis, 1983). Por ello, se les otorga la Condición de Referencia.

**b) Costa arenosa antropizada:** Las estaciones de Arena Antropizada (AA1-4) están alteradas por la regeneración de playas, limpieza de arribazones y colocación de espigones. Hay ausencia total de vegetación dunar, lo que hace irreversible su estado actual, y a las cuales se considera en Destrucción o Pérdida irrecuperable de la Condición de Referencia.

#### 4. DISCUSION

La mayor parte de las especies estudiadas son típicas del Mediterráneo (Pérès y Picard, 1964; Costa *et al.*, 1984; Bellan-Santini *et al.*, 1994), ampliando muchas de ellas su repartición en el Atlántico ibérico y canario. Además presenta un componente termófilo con especies de afinidades cálidas (p.e. *Cystoseira algeriensis*, *Sargassum vulgare*, *Caulerpa prolifera*, *Dasycladus vermicularis*; Bellan-Santini *et al.*, 1994; Rodríguez-Prieto *et al.*, 2013). También, están presentes especies cosmopolitas de carácter invasor, caso de *Carpobrotus edulis* y *Caulerpa racemosa*, que se desarrollan en lugares antropizados (Costa *et al.*, 1984).

Conviene resaltar la presencia de algas pardas del género *Cystoseira*, todas ellas, salvo *C.compressa*, son endémicas del mar Mediterráneo (Sales y Ballesteros, 2012); y excelentes indicadores biológicos de la pureza de las aguas (Thibaut *et al.*, 2005). Al respecto, son utilizadas para la determinación de la calidad ambiental de las aguas costeras en el Mediterráneo de acuerdo a la Directiva Marco del Agua de la Unión Europea (2000/60/EC) (Saltes and Ballesteros, 2012). En el Cabo de Santa Pola, salvo *Cystoseira crinita*, son abundantes y particularmente en las zonas no antropizadas, lo que nos indica la alta calidad de esta zona estudiada. No obstante, merecen una especial atención, ya que algunos estudios (Cormaci y Furnari 1999, Thibaut *et al.*, 2005, Serio *et al.*, 2006, Mangialajo *et al.*, 2008, Saltes and Ballesteros 2012) han detectado su regresión e incluso desaparición en los últimos años. Entre las causas, el incremento de la turbidez y contaminación orgánica, por lo que se trata de algas muy sensibles a la antropización.

También, destacar la presencia de formaciones de *Dendropoma lebeche* (Templado *et al.*, 2016). Debido a su relevancia ecológica y a su vulnerabilidad, es esencial asegurar la supervivencia de sus poblaciones a escala local (Franzitta *et al.*, 2016). Particularmente, estudiar la dinámica de reclutamiento, etapa crucial para predecir su respuesta a cambios ambientales y al estrés, y en la toma de decisiones para la gestión del litoral (Chemello, 2009; Franzitta *et al.*, 2016; Templado *et al.* 2016). A todas estas características, hay que añadir su valor como indicadores paleontológicos cuaternarios, tanto del nivel del mar, como de cambios en su temperatura superficial (Silenzi *et al.*, 2004; Delgado *et al.*, 2005; Templado *et al.*, 2016).

Un aspecto importante del trabajo ha sido ver la aplicabilidad del RCEA a la Directiva Marco de la Estrategia Marina (DMEM, 2008), mediante el establecimiento del Buen estado Ambiental (BEA). Se entiende que “se alcanza el BEA si no hay pérdida adicional de especies, hábitats y comunidades a escalas ecológicamente relevantes y cuando los componentes deteriorados, si las condiciones ambientales intrínsecas lo permiten, son restaurados a determinados niveles” (Ruiz *et al.*, 2012).

En un primer esbozo de ordenación del litoral del Municipio de Santa Pola, no es posible establecer un nivel de referencia del BEA de acuerdo a estudios previos. No obstante, el estado o nivel de referencia se puede establecer de acuerdo a características que determinan zonas bien conservadas, con escasa influencia de la actividad humana. Además, Ruiz *et al.* (2012) afirman que la escasez de información actual no permite que la definición de BEA esté sujeta a un valor o rango cuantitativo. Por lo que se entiende como una tendencia positiva hacia ese nivel.

Por lo tanto, podremos determinar el Buen Estado Ambiental de la costa de manera aproximativa. En una primera aproximación, las estaciones localizadas en los sustratos tipo costa rocosa natural, presentan patrones de conservación de hábitats litorales. Por un lado, el desarrollo de la vegetación terrestre (*Crithmo-limonietum*) y por otro el ambiente marino (*Cystoseira* spp., *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Dendropoma lebeche*) indicadoras de alta calidad ambiental (Ramos y Ferrandis, 1983; Costa *et al.*, 1984; Bellan-Santini *et al.*, 1994). Además, no poseen una influencia de actividades antrópicas de elevado impacto (Ramos y Ferrandis, 1983; Costa *et al.*, 1984) como vertidos de aguas residuales, obras marítimas o dragados. Todas estas características determinan que sean zonas bien conservadas de acuerdo a su estado actual, otorgando la clase de Condición de Referencia (Ruiz *et al.*, 2012).

De acuerdo con Capdepón (2010), se debe perseguir un cambio de mentalidad en la visión del turismo, siendo necesaria la diversificación. Aunque es difícil la sustitución del turismo convencional (sol y playa), que predomina en nuestro litoral durante los últimos 30 años, y caracterizado por el residencialismo, la masificación de playas, la estacionalidad y la degradación del territorio; es necesario desarrollar otro turismo de carácter ecológico y cultural, caracterizado por la educación, la sostenibilidad, no estacional y la conservación del patrimonio natural. Este tipo de turismo aún es posible en el Municipio de Santa Pola, siendo necesaria una adecuada planificación y gestión del litoral.

## 5. CONCLUSIONES

Con el presente trabajo, se pretende promover una mejora en la gestión del litoral del Municipio de Santa Pola, especialmente en su Cabo. Conociendo sus comunidades litorales (hábitats y especies) terrestres y marinas, y estableciendo unidades ambientales que procuren un equilibrio entre su conservación y uso. Las principales conclusiones alcanzadas:

1ª) El “Rapid Coastal Environmental Assessment” (RCEA) nos ha permitido caracterizar rápidamente el litoral del Municipio de Santa Pola. Primeramente, el litoral se ha dividido en costas rocosas y playas arenosas y, posteriormente, en función de su principal uso (urbanístico, turístico); estableciendo 4 unidades ambientales (costa rocosa natural, costa rocosa antropizada, costa arenosa natural y costa arenosa antropizada). El estudio nos ha permitido establecer otra unidad ambiental, dentro de la costa rocosa natural (costa rocosa impactada por sedimentos), debido a una regeneración con arena no conocida.

2ª) Para caracterizar la costa rocosa natural de la antropizada, ciertas macroalgas e invertebrados sésiles del medio e infralitoral superior han resultado ser buenos bioindicadores. En lo que respecta a las playas arenosas, debido a la ausencia de organismos del epibentos, la vegetación adlitoral es útil en la caracterización. La mejor época para el muestreo es de marzo a mayo.

3ª) Se ha caracterizado una nueva unidad ambiental (roca natural con arena), no contemplada en el estudio inicial. Ello ha sido consecuencia de una regeneración por arena a finales de los años 90.

4ª) En base a las especies observadas se constata la buena conservación de gran parte del Cabo de Santa Pola y las playas al Sur del Municipio, frente al Parque Natural de las Salinas.

5ª) Se han identificado especies de importancia patrimonial, aparte de *Posidonia oceanica* (hábitat prioritario de la Directiva Hábitats): *Cystoseira* spp. (*C.algeriensis*, *C.crinita*, *C. humilis*, *C. sauvageauana*), *Cymodocea nodosa* y *Dendropoma lebeche*. Protegidas por los Convenios de Barcelona y de Berna, Libro Rojo de la UICN.

6ª) *Cystoseira crinita* se cita por primera vez para el SE Ibérico. Su distribución anterior eran las costas del Norte del Mediterráneo, llegando hasta Denia.

7ª) El RCEA, también, puede ser una herramienta muy útil en la aplicación del “Buen Estado Ambiental (BEA) de la Directiva CE Estrategias marinas. Nos ha permitido establecer las “Condiciones de Referencia” (CR) de la zona; y poder analizar las desviaciones (aceptable o no), o la destrucción/pérdida irrecuperable del litoral.

## CONCLUSIONS

This work was made with the purpose of improve the coastal management in Santa Pola coast, especially in its cape. Knowing its coastal communities (habitats and species) terrestrial and marine, and environmental units was established to get a balance between conservation and use. The main conclusions are:

1<sup>st</sup>) The Rapid Coastal Environmental Assessment (RCEA) has allowed us to characterize rapidly the Santa Pola coast. First, the coast was divided in rocky coast and sandy beaches and, later, according to the main use (urban, tourist); four environmental units was established (natural rocky coast, anthropized rocky coast, natural sandy coast and anthropized sandy coast). This study has allowed to establish another environmental unit, in natural rocky coast (rocky coast impacted by sediments), because of an unknown regeneration with sand.

2<sup>nd</sup>) In order to characterize the natural rocky coast and anthropized, some macroalgae and macroinvertebrates from medio and infralittoral are a great bioindicator. In sandy beaches, due to the lack of marine organisms, the vegetation was used to the characterization of littoral zone. The best season to make the sample is from March to April.

3<sup>a</sup>) A new environmental unit (natural rock with sand) has been characterized, not contemplated in the initial study. This was the result of a regeneration by sand in the late 1990s.

4<sup>rd</sup>) According to the observed species, a good conservation in Santa Pola Cape and sandy beaches from the South was verified, in front of "Salinas de Santa Pola" Natural Park.

5<sup>th</sup>) Patrimonial species was identified, others than *Posidonia oceanica* (important habitat of "Directiva Hábitats"): *Cystoseira* spp. (*C.algeriensis*, *C.crinita*, *C.humilis*, *C.sauvageauana*), *Cymodocea nodosa* and *Dendropoma lebeche* are protected by Barcelona and Berna conventions, "Libro Rojo de UICN".

6<sup>th</sup>) *Cystoseira crinita* was cited for the first time in SE Iberian. Its previous distribution only reached to the North of the Mediterranean, until Denia.

7<sup>th</sup>) The RCEA, can be an useful tool to determinate the "Good Environmental Status (GES)". This method has allowed us to establish "Reference conditions" (CR) in this zone; and analyze the main deviations (acceptable or not) and the destruction or irrecoverable loss.

## 6. REFERENCIAS

- Barragán, J.M. (2005) La gestión de áreas litorales en España y Latinoamérica. Publicaciones de la Universidad de Cádiz, Cádiz. 198 pp.
- Bellan-Santini, D., Lacaze, J.C. & Poizat, C. 1994. Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée. Synthèse, menaces et perspectives. Muséum National d'Histoire Naturelle Paris, Collection Patrimoines Naturels, Vol. 19. 246 pp.
- Blanca, G., Cabezudo, B., Cueto M., Morales Torres C., Salazar, C. (2011). Claves de la Flora Vascular de Andalucía Oriental. Universidades de Granada, Almería, Jaén y Málaga. PP 619-763
- Calvín, J.C. (2000) El ecosistema marino Mediterráneo. Guía de su flora y fauna. Equipo de Diseño de La Luna de Madrid, S.A. 2ª Edición. 576 pp
- Casal, J., Mateu, J. (2003) Tipos de muestreo. Universidad autónoma de Barcelona, Barcelona. PP 5
- Capdepón, M. (2010) Desarrollo de la potencialidad turística del parque natural de las salinas de Santa Pola (Alicante). Universidad de Alicante, España. Instituto Universitario de Investigaciones Turísticas. 17 pp
- Clarke KR, Warwick RM. 1994. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. Primer-E Ltd: Plymouth, UK,
- Costa, M., García, M., Monzó, F., Peris, J.B., Stübing, G., Valero, E. Estado actual de la flora y fauna marinas en el litoral de la Comunidad Valenciana. Artes Gráficas Armengot, Castellón.
- DMEM (2008). Directiva 2008/56/CE para la política del medio marino (Directiva Marco sobre la Estrategia Marina). *Diario Oficial de la Unión Europea* L 327: 1 -73.
- DMA (2000). Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política del agua (Directiva Maro del Agua). *Diario Oficial de la Unión Europea* L 164: 19-40.
- Doménech, J., Sardá, R., Carballo, A., Villasante, C.S., Barragán, J.M., Borja, A., Rodríguez, M.J. Colina, A. José A. & Juanes, J.A. 2009. *Gestión integrada de zonas costeras*. AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), Madrid. 476 pp.
- Franzitta, G., Caprucci, E., La Marca, E.C., Milazzo, M. Chemello, R. (2016) Recruitment patterns in an intertidal species with low dispersal ability: the reef-building *Dendropoma cristatum* (Biondi, 1859) (Mollusca:Gastropoda). *Italian Journal of Zoology*, 83:3, 200-407
- Giménez, F., Rodríguez-Guerra, J.C., Marco, C. (2007) Caracterización, diagnóstico y definición de propuestas de gestión del ecosistema marino comprendido en la zona de cabo Tiñoso (Región de Murcia). Consejería de agricultura y agua. PP 30
- Gómez-Pina, G., Muñoz-Pérez, J.J., Ramirez, J.L. & Ley, C. (2002) Sand dune management problems and techniques, Sapin. *Journal of Coast Research*, 36: 325-332.
- Kingsford, M., Battershill, C. 1998. *Studying Temperate Marine Environments*. Canterbury University Press, Christchurch. 335 pp.
- Medina, J.R., Tintoré, J., Duarte, C.M. (2001) Las praderas de *Posidonia oceanica* y la regeneración de playas. Revista de Obras Públicas. PP 13
- MMA, (2007). *Estrategia de Sostenibilidad de la Costa*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. 21 pp.
- Pérès, J.M., Picard, J. (1964). Nouveau manuel de ionomie benthique de la mer Méditerranée. Bulletin Recueils des Travaux de la Station Marine d'Endoume, 31 (47) : 1-137.



PNUE/UICN/Gis Posidonie. 1990. Livre rouge "Gérard Vuignier" des végétaux, peuplements et paysages marins menacés de Méditerranée. MP Technical Reports Series, Nº 43 . UNEP Athens, 250pp.

Price, A.R.G (2004). *Standard Survey Methods for Key Habitats and Key Species in the Red Sea and Gulf of Aden*. PERSGA /GEF Technical Series No.10. PERSGA. 4-27 pp

Ramos, A.A., Ferrandis, E. (1983) Valoración de la calidad ambiental en la franja costero-marina de la comarca de Alicante. Hombre y medio natural en Alicante. PP 104

Ribera, M.A., Gómez, A., Barceló, M.C., Rull, J. (1995) Mapas de distribución de las algas marinas de la Península Ibérica e Islas Baleares. VIII. *Cystoseira* C.Agardh y *Sargassum* CAgardh. Bot. Complutensis 20: 89-103. Servicio de publicaciones. Universidad Complutense.

Rodríguez, C., Ballesteros, E., Boisset, F., Carrillo, J.A. Guía de las macroalgas y fanerógamas marinas del Mediterráneo Occidental. EDICIONES OMEGA, Barcelona. PP 597

Ros, J.D., Romero, J., Ballesteros, E. & Gili, J.M. 1984. *Diving in Blue Water. The Benthos. In: Western Mediterranean*. R. margalef (ed.) pergamon Press, Oxford: 233-295.

Ruiz, J.M., Massuti, E., Ordines, F., Quetglas, A., Moranta, J., Ramos, A., Barcala, E., Franco, I., Gil de Sola, L., Garcia, J.E., Macias, D., Lens, S., Deudero, S., Vazquez, M., Bellas, J., Mas, J., Gimenez, F., Gomariz, F., De la Ossa, J.A., Del Pilar-Ruso, Y., Ramo-Esplás, A.A., Sánchez, J.L. (2012) Estrategias marinas: Evaluación inicial, buen estado ambiental y objetivos ambientales. Estrategia marina. Demarcación marina levantino-balear. Descriptor 1: Biodiversidad. Evaluación inicial del Buen Estado Ambiental. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio ambiente, Madrid. 839 pp

Sales, M., Ballesteros, E. (2012) *Seasonal dynamics and anual production of Cystoseira crinita (Fucales:Ochrophyta)-dominated assemblages from the northwestern Mediterranean*. *Scientia Marina*. 0214-8358. PP 11

Silva, R., Villatoro, M.M., Durón, F.J., Pedroza, D., Ortiz, M.A., Mendoza, E.G., Delgadillo, M.A., Escudero, M.C., Félix, A., Cid, A. (2014). *Caracterización de la zona costera y planteamiento de elementos técnicos para la elaboración de criterios de regulación y manejo sustentable*. Instituto de ingeniería UNAM, México. PP 1-62.

Templado, J., Ballesteros, E., Galparsoro, I., Borja, A., Serrano, A., Martín, L., Brito, A. (2012) *Guía interpretativa. Inventario español de hábitats costeros*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio ambiente. Madrid. PP 231

Templado, J., Richter, A., Calvo, M. (2016) *Reef building Mediterranean vermetid gastropods: disentangling the Dendropoma petraeum species complex*. *Mediterranean Marine Science*. Ed: Marco Oliverio, España. PP 19

Thibaut, T., Pinedo, S., Torras, X., Ballesteros, E. (2005) *Long-term decline of the populations of Fucales (Cystoseira spp. and Sargassum spp.) in the Albères coast (France, North-western Mediterranean)*. *Marine Pollution Bulletin* 1472.1489. Girona, España.

#### **Páginas webs:**

Word Register of marine species: WoRMS (<http://www.marinespecies.org/>)

Herbari virtual de les Illes Balears: (<http://www.uib.cat/depart/dba/botanica/herbari/>)

## AGRADECIMIENTOS

---

A Alfonso Ramos por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo en nuestro preciado Cabo. Haciendo de guía y orientándome en todo lo necesario. Siendo para mí un orgullo haber tenido la oportunidad de trabajar con él.

A Marc Terradas por demostrar su vocación a través de su ayuda en la identificación durante el trabajo de laboratorio y campo; además de mostrar especial interés en continuar con el estudio de las especies del género *Cystoseira* del Cabo.

A Leticia Asensio por su “echada de cable” con la vegetación terrestre.

A Antonio Durá por sumergirse, ayudarme y acompañarme en cada uno de los muestreos. Sin él todo esto no hubiera sido posible.

A mis padres por apoyarme y ayudarme en todos los momentos de mi vida. Siempre atentos y dispuestos a preparar el camino con todo lo necesario para que algún día pueda alcanzar mis propias metas. Gracias.

# ANEXOS

---

Tabla ANEXOS I. ESPECIES VEGETACIÓN TERRESTRE

Especies/Estaciones	RN1	RN2	RN3	RN4	RN5	RN6	RN7	RA1	RA2	RA3	AA1	AA2	AA3	AA4	AA5	AA6	AA7	AN1	AN	AN 3	AN	Total
Aizoaceae																						
<i>Carpobrotus edulis</i> (L.) L. Bolus	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	1	17
Boraginaceae																						
<i>Echium sabulicola</i> Pomel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	4	4	13
Chenopodiaceae																						
<i>Arthrocneum</i> spp	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Atriplex glauca</i> (L.)	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Atriplex halimus</i> (L.)	4	0	0	4	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	3	4	23
<i>Salsola oppositifolia</i> Desf.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	2	0	12
<i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) A. J. Scott	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Suaeda vera</i> (Forsskal) J.F. Gmelin	5	5	4	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	23
Cruciferae																						
<i>Cakile maritima</i> Scop.	0	0	1	1	2	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	4	5	5	23
<i>Lobularia maritima</i> (L.)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	4	12
Fabaceae																						
<i>Lotus creticus</i> (L.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0	4	4	3	3	19
Gramineae																						
<i>Sporobolus pungens</i> (Schreber) Kunth	0	2	3	4	2	5	1	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	24
<i>Stipa tenacissima</i> (L.)	0	0	1	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	11
Plumbaginaceae																						
<i>Limonium</i> spp	4	3	0	3	0	0	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	21
Solanaceae																						
<i>Lycium intricatum</i> Boiss	2	2	1	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
Umbelliferae																						
<i>Chrithum maritimum</i> (L.)	2	2	2	3	0	0	5	4	3	1	3	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	29
Total	13	1	12	17	7	8	6	1	4	1	7	0	3	0	0	0	0	18	26	19	18	173
Parámetros de la comunidad																						
Riqueza específica (S)	6	8	8	7	6	3	6	3	4	3	4	1	3	1	0	0	0	8	9	7	7	
Índice diversidad Shannon-Weber	1,6	1,9	1,93	1,85	1,73	0,9	1,61	0,965	1,34	0,86	1,31		0,636	0	0	0	0	1,969	2,1	1,896	1,8	
Equitatividad Pielou (J)	0,9	0,9	0,93	0,96	0,97	0,82	0,9	0,88	0,97	0,79	0,94	0	0,918	0	0	0	0	0,947	0,9	0,975	0,9	

Tabla ANEXOS II. ESPECIES DE ALGAS Y FANERÓGAMAS MARINAS

Taxon/Estaciones	RN1	RN2	RN3	RN4	RN5	RN6	RN7	RA1	RA2	RA3	AA1	AA2	AA3	AA4	AA6	Total
Florideophyceae																
<i>Ellisolandia elongata</i> (J.Ellis & Solander) K.R.Hind & G.W.Saunders, 2013	2	1	0	0	0	0	0	4	4	4	2	2	0	0	0	19
<i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) J.V.Lamouroux, 1813	0	0	4	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	9
<i>Jania rubens</i> (Linnaeus) J.V.Lamouroux, 1816	5	3	1	0	0	2	1	1	4	4	0	0	0	0	0	19
<i>Lithophyllum incrustans</i> Philippi, 1837	4	2	3	2	0	2	3	1	1	1	0	0	0	0	0	19
<i>Peyssonnelia squamaria</i> (S.G.Gmelin) Decaisne, 1842	1	2	1	0	0	2	2	2	3	3	0	0	0	0	0	16
Magnoliophyta																
<i>Cymodocea nodosa</i> (Ucria) Ascherson, 1870	2	3	3	1	0	3	2	3	0	0	0	0	0	0	0	17
<i>Posidonia oceanica</i> (Linnaeus) Delile, 1813	2	3	3	1	0	2	1	3	2	2	0	0	0	0	0	18
Phaeophyceae																
<i>Cladostephus spongiosus</i> (Hudson) C.Agardh, 1817	3	3	3	0	2	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	16
<i>Colpomenia sinuosa</i> (Mertens ex Roth) Derbès & Solier, 1851	3	3	3	0	0	3	3	2	2	2	0	0	0	0	0	21
<i>Cystoseira algeriensis</i> Feldmann, 1945	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5
<i>Cystoseira sauvaugiana</i> Hamel, 1939	3	3	3	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	15
<i>Cystoseira compressa</i> (Esper) Gerloff & Nizamuddin, 1975	3	3	2	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	14
<i>Cystoseira crinita</i> Duby, 1830	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Dictyopteris polypodioides</i> (A.P.De Candolle) J.V.Lamouroux, 1809	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	5
Dictyota spp.	4	5	4	0	0	5	5	1	3	3	1	0	0	0	0	31
<i>Halopteris scoparia</i> (Linnaeus) Sauvageau, 1904	3	4	4	2	0	5	4	1	2	2	0	0	0	0	0	27
<i>Padina pavonica</i> (Linnaeus) Thivy, 1960	4	5	4	0	0	5	5	3	3	3	0	0	0	0	0	32



<i>Sargassum vulgare</i> C.Agardh, 1820	0	1	0	0	0	2	3	2	2	2	0	0	0	0	0	12
<i>Scytosiphon lomentaria</i> (Lyngbye) Link, 1833	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Ulvophyceae																
<i>Caulerpa prolifera</i> (Forsskål) J.V.Lamouroux, 1809	1	3	2	0	0	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	11
<i>Caulerpa racemosa</i> (Forsskål) J.Agardh, 1873	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	4
<i>Chaetomorpha aerea</i> (Dillwyn) Kützinger, 1849	3	2	3	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	3	16
<i>Cladophora</i> spp	2	2	0	0	0	2	3	0	1	2	0	0	0	0	0	12
<i>Codium</i> spp	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Dasycladus vermicularis</i> (Scopoli) Krasser, 1898	2	3	2	3	0	2	2	0	3	3	0	0	0	0	0	18
<i>Flabellia petiolata</i> (Turra) Nizamuddin, 1987	0	3	3	0	0	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	11
<i>Halimeda tuna</i> (J.Ellis & Solander) J.V.Lamouroux, 1816	2	2	1	0	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	9
<i>Ulva</i> spp	4	4	1	3	0	1	3	4	5	2	2	2	3	2	0	36
Parámetros de la comunidad																
Abundancia relativa	14	19	14	4	0	11	15	6	13	11	2	2	3	2	3	
Riqueza específica (S)	21	22	21	7	1	20	23	17	19	19	3	2	1	1	1	
Índice de diversidad Shannon-Weber (H')	2,947	2,773	2,962	1,864	0	2,893	3,015	2,69	2,829	2,863	1,055	0,69	x	x	x	
Equitatividad Pielou (J)	0,977	0,979	0,973	0,958		0,966	0,962	0,947	0,961	0,972	0,96	1	x	x	x	

Tabla ANEXOS III. ESPECIES DE MACRO-INVERTEBRADOS

Taxon/Estaciones	RN 1	RN 2	RN 3	RN 4	RN 5	RN 6	RN 7	RA 1	RA 2	RA 3	Total
<b>Cnidaria</b>											
<b>Anthozoa</b>											
<i>Actinia equina</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	1	0	0	0	4	4	3	3	17
<i>Anemonia viridis</i> (Forsskål, 1775)	2	4	3	0	0	1	4	2	3	3	22
<b>Echinodermata</b>											
<b>Echinoidea</b>											
<i>Arbacia lixula</i> (Troschel, 1873)	2	3	4	0	0	1	4	5	3	3	25
<i>Paracentrotus lividus</i> (Lamarck, 1816)	2	3	4	0	0	1	4	3	2	2	21
<b>Holothuroidea</b>											
<i>Holoturia tubulosa</i> (Gmelin, 1791)	2	2	4	0	0	2	4	2	2	2	20
<b>Mollusca</b>											
<b>Bivalva</b>											
<i>Mytilidae</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3
<b>Cephalopoda</b>											
<i>Octopus vulgaris</i> (Cuvier, 1797)	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
<b>Gastropoda</b>											
<i>Dendropoma lebeche</i> (Templado, Richter & Calvo, 2016)	2	0	2	0	0	3	2	2	1	1	13
<i>Patella rustica</i> (Linnaeus, 1758)	2	2	2	0	0	2	3	2	2	2	17
<b>Polychaeta/Annelida</b>											
<i>Sabellaria alveolata</i> (Linnaeus, 1767)	0	0	1	0	0	0	0	4	4	4	13
<b>Porifera</b>											
<b>Demospongiae</b>											
<i>Ircina variabilis</i> (Schmidt, 1862)	2	2	2	0	0	0	3	3	1	1	14
<i>Sarcotragus fasciculatus</i> (Pallas, 1766)	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4
<b>Total</b>	14	12	21	0	0	9	22	22	16	16	132

Tabla ANEXOS IV. USOS HUMANOS E IMPACTOS

Impacto/Estación	RN1	RN2	RN3	RN4	RN5	RN6	RN7	RA1	RA2	RA3	AA1	AA2	AA3	AA4	AA5	AA6	AA7	AN1	AN2	AN3	AN4	Total
Pesca deportiva	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	2	2	2	4	4	4	4	66
Construcción	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
Basura humana	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	42
Objetos flotantes	2	2	2	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	25
Regeneración	0	0	3	5	5	1	1	2	2	4	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	58
Espigones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	12
Viviendas	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
Alquitrán	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	17
Bañistas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	0	0	0	0	27
Limpieza	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	5	4	5	5	5	5	0	0	0	0	44
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>22</b>	<b>21</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>321</b>

Tabla ANEXOS V CRONOGRAMA.

MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Búsqueda bibliográfica						
Realización del muestreo e identificación de especies						
Análisis cualitativo y cuantitativo						
Escritura de la tesis						